

Fyzika Zeme

- Úvodný kurz pre poslucháčov prvého ročníka bakalárskych programov v rámci odboru geológia
- 10. prednáška – pevné látky

Obsah prednášky:

- pevná látka (skupenstvo)
- kryštalické a amorfné látky
- väzbové sily
- kryštalizačné sústavy
- mechanické vlastnosti pevných látok (Hookov zákon)
- šírenie mechanických vln pevnými látkami

Pevná látka (skupenstvo)

Pevná látka (tuhá látka, tuhé/pevné skupenstvo) -
je jedno z troch hlavných skupenstiev.

- toto skupenstvo sa vyznačuje pevným, často pravidelným usporiadaním častíc - dôležité sú tzv. väzby,
- usporiadaná sústava častíc má (ako celok) vždy nižšiu celkovú energiu - ako ich chaotický zhluk,
- teleso z tuhej látky udržiava svoj tvar, aj keď nie je uzavreté do nejakého objemu,
- sily medzi časticami pevnej látky sú obvykle silnejšie ako sily, ktoré by spôsobili jeho rozpad (napr. ťažová sila).

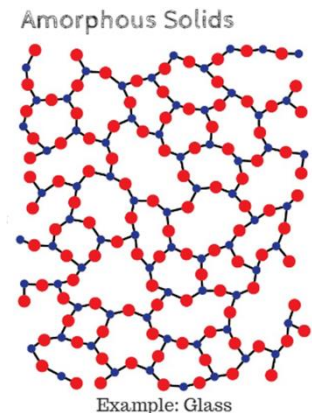
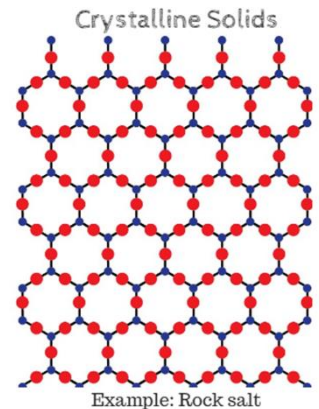
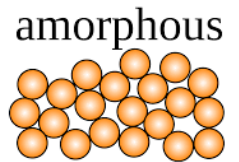
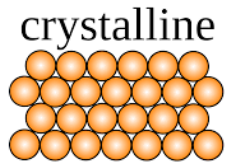
Pevná látka (skupenstvo)

Pevné látky sa rozdeľujú do dvoch hlavných skupín:

kryštalické a amorfné

Kryštalické pevné látky sú charakterizované usporiadaním častíc (molekúl, iónov, ...) do stavbených mriežok a d'alekodosahovým usporiadaním základných stavebných elementov.

Amorfné látky sú pevné látky, vyznačujúce sa krátkodosahovým usporiadaním – nemajú usporiadanú kryštalickú štruktúru (podskupinu amorfných látok tvoria tzv. polyméry).



Pevná látka (vlastnosti)

Homogénne a heterogénne

VS priestorové a smerové vlastnosti látok

Izotropné a anizotropné látky

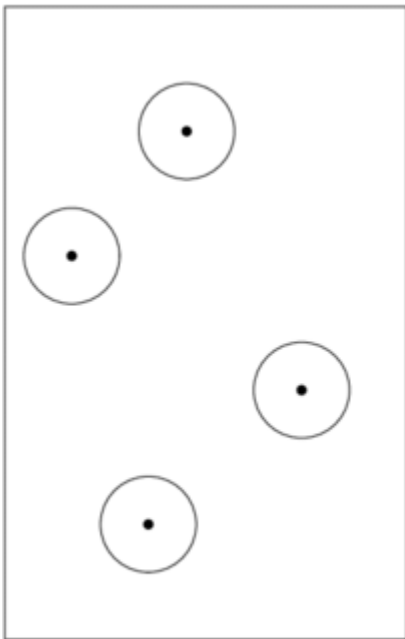
Pevná látka (vlastnosti)

Homogénne a heterogénne

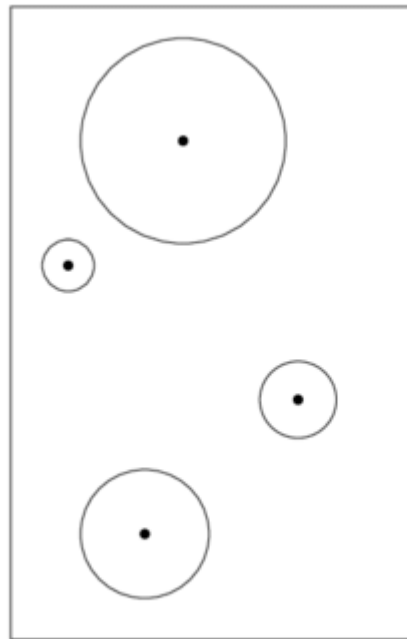
VS

priestorové a smerové vlastnosti látok

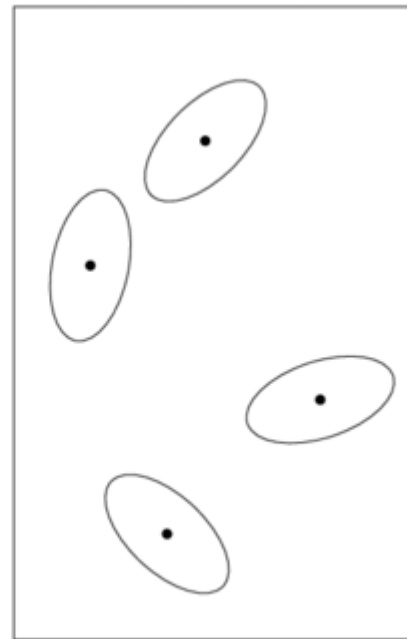
Izotropné a anizotropné látky



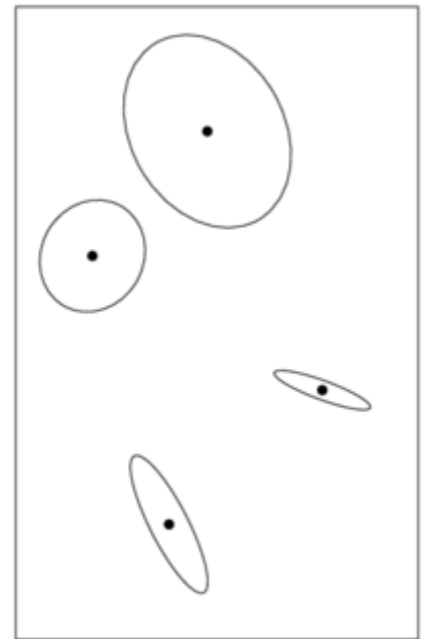
(a)



(b)



(c)



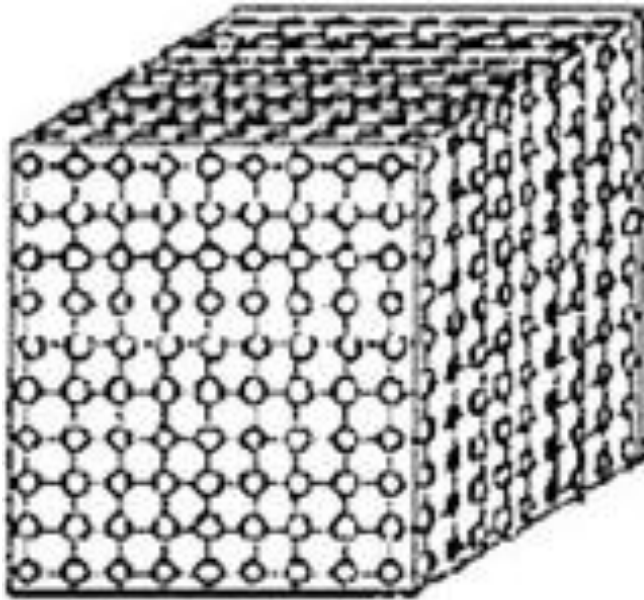
(d)

Kryštalické pevné látky

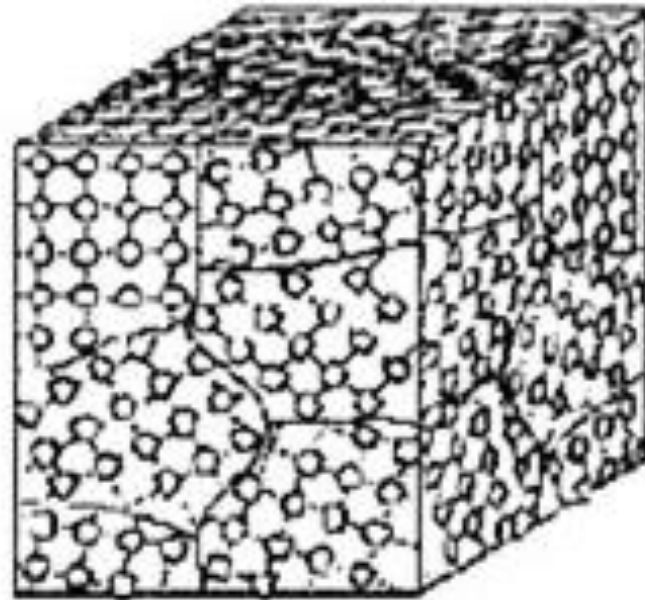
Kryštalické pevné látky

- a) monokryštály - látky v ktorých sa pravidelne opakuje isté rozloženie častíc,
(prejavujú často anizotrópne vlastnosti)
- b) polykryštály - sú to väčšinou väčšie kryštály, skladajúce sa z menších kryštálov (ktoré majú izotrópne vlastnosti).

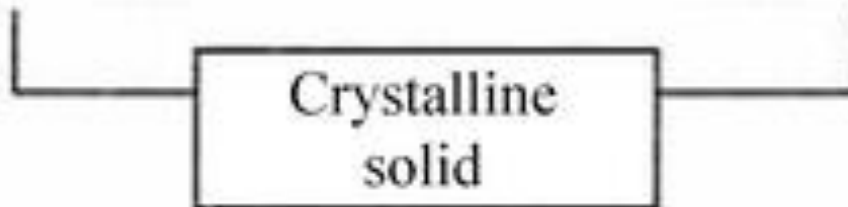
monokryštály a polykryštály



Single crystal



Polycrystal



Väzby v pevných látkach

Aby mohli látky byť usporadané v pevných zoskupeniach, musia medzi časticami pôsobiť väzobné sily (väzby).

Poznáme **3 základné väzby (silné)**:

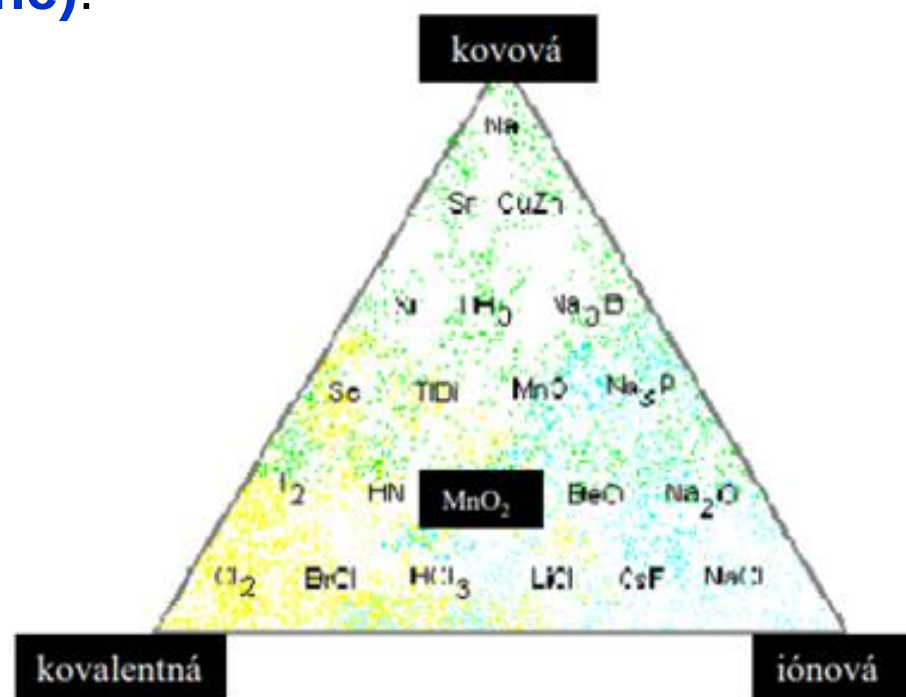
- a) kovalentná,
- b) iónová,
- c) kovová.

A ešte **2 slabé väzby**

(tzv. väzby disperznými silami):

- e) van der Waalove sily,
- f) vodíkové mostíky.

Väzobné sily sú často zmiešané (nevystupujú v “čistom stave”).



v “čistom stave” sú iba väzby niektorých prvkov – napr. Cl alebo Na

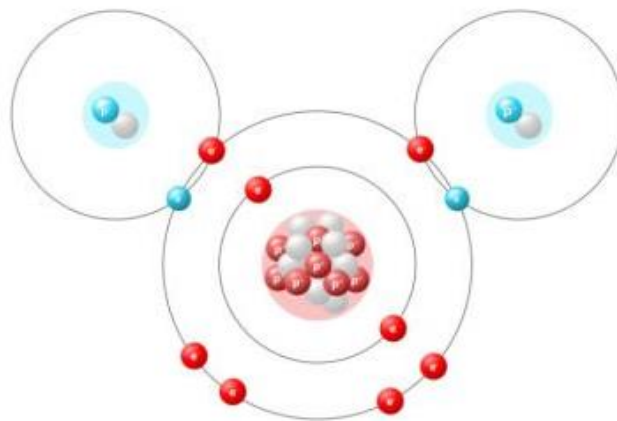
Kovalentná väzba:

Kovalentná väzba je typ väzby medzi dvoma atómami, ktoré majú jeden alebo viac nespárených (valenčných) elektrónov a ich rozdiel elektronegativít je malý.

Elektrónový pár tvorí potom oblak medzi zlúčenými atómami.

Podľa prekryvu orbitálov delíme tieto väzby na:

- väzba σ ,
- väzba π ,
- väzba δ ,
- väzba φ (teoretická, zatiaľ nepozorovaná),
- väzba γ (teoretická, zatiaľ nepozorovaná).



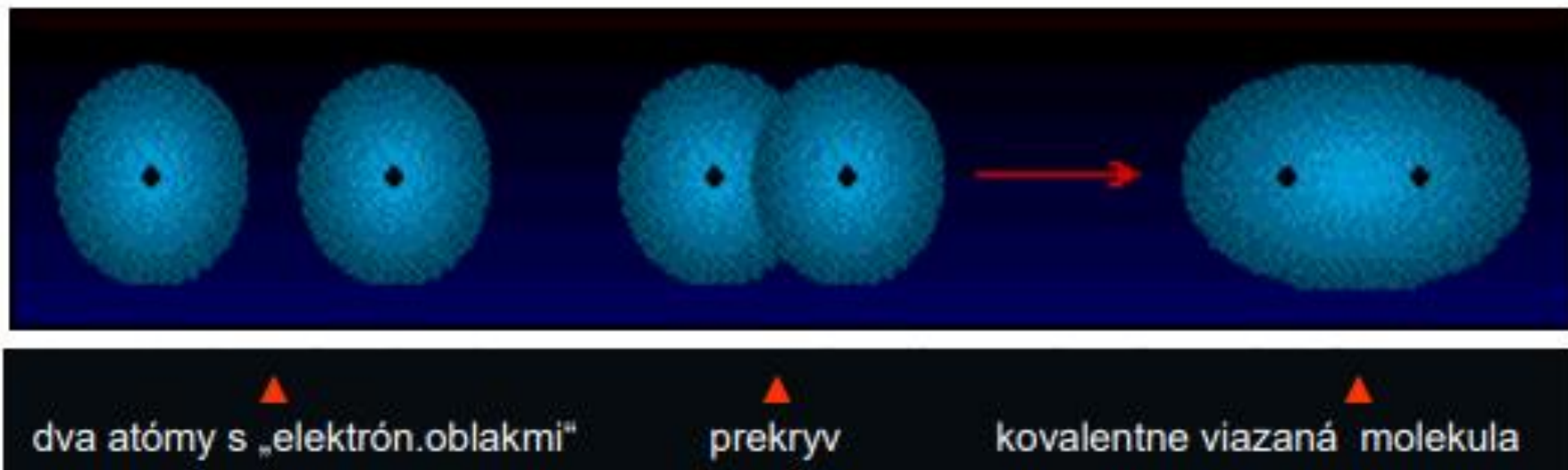
**skôr mechanistické
zobrazenie**

Pozn.: Elektronegativita (elektropozitivita je opačná veličina) je v chémii vlastnosť atómu vyjadrujúca jeho schopnosť priťahovať väzbové elektróny.

Kovalentná väzba

Pri tvorení väzby sa elektrónové oblaky nespárených elektrónov navzájom prekryjú a splynú. Spoločný elektrónový oblak sprostredkuje väzbu medzi atómami.

Tým si atómy doplnia počet elektrónov zvyčajne na taký, aký majú atómy najbližšieho vzácneho plynu v periodickej tabuľke.



skôr kvantové zobrazenie

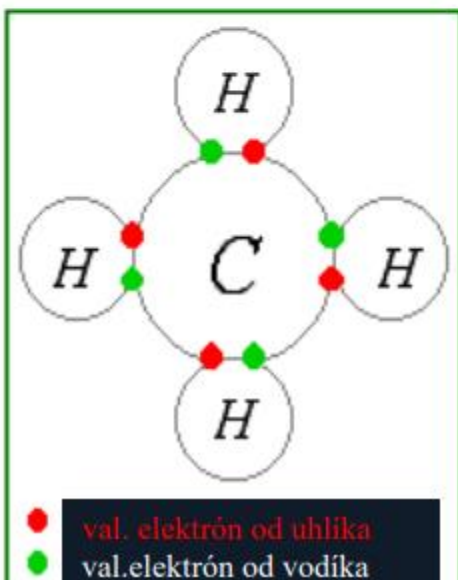
Pozn.: V kvantovej mechanike sa hovorí o tzv. “prekryve vlnových funkcií”.

Kovalentná väzba

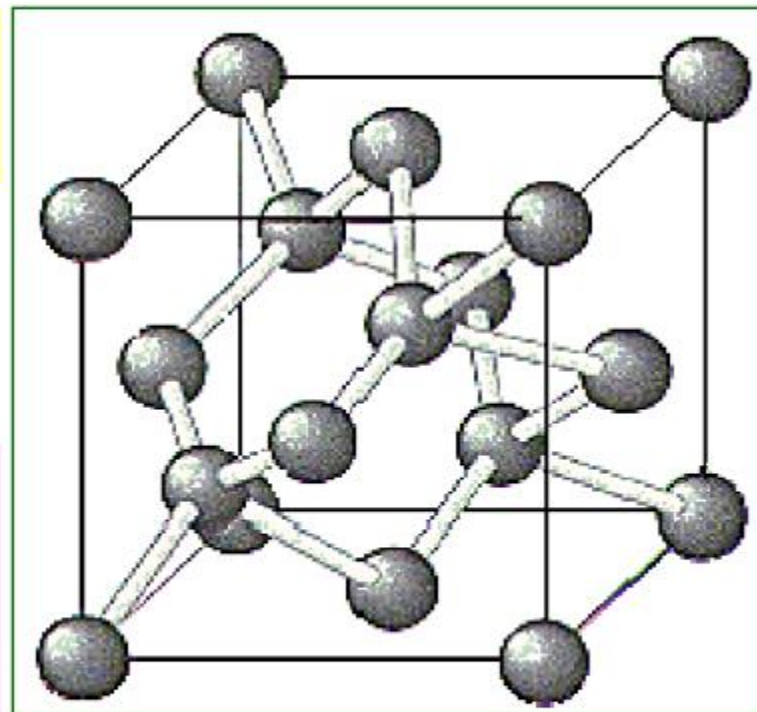
Nastáva u prvkov „zo stredu“ periodickej tabuľky, resp. u zlúčenín prvkov z jej „blízkyh“ skupín. Príklady prvkov: **C** (*diamantová štruktúra*), **Si**, **Ge** – u zlúčenín: *oxidy*, *sulfidy*, napr. **SiO₂**, **ZnS** a podobné. **Vždy je prítomná väčšia či menšia „prímes“ iónovej väzby.**

Tetraedrická („elementárna bunka“ tvorí štvorsten) ► štruktúra - napr. *diamant*, *kremík*, *α - cín (sivý)* a iné - každý atóm má práve **štyroch** najbližších „susedov“.

▼ Kovalentná väzba môže byť vysvetlená iba pomocou **kvantovej teórie**. Názorne (ale iba približne) si možno predstaviť *zdieľanie elektrónového páru dvomi atómami* (ako keby obaja „obiehali“ okolo dvoch jadier).



◀ Príklad molekuly metánu (**CH₄**). Kovalentnou väzbou sú viazané aj *dvojatómové molekuly plynov* (**N₂**, **O₂**, **Cl₂** aj *vodík H₂*).



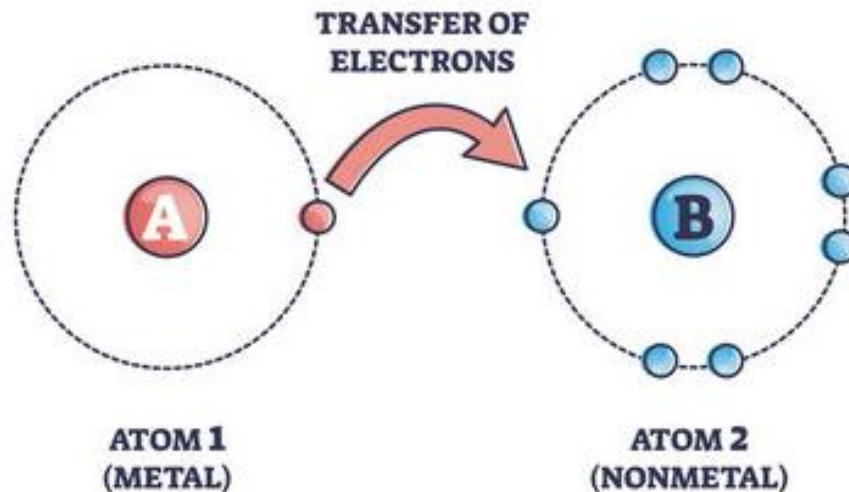
Kovalentne viazané **pevné látky** sa vyznačujú *podobnými vlastnosťami* ako látky viazané iónovo – **tvrdosť**, **vysoký bod topenia**, z elektrického hľadiska sú **izolanty**.

Iónová väzba:

Iónová väzba vzniká vzájomným pôsobením elektrostatických príťažlivých síl opačne elektricky nabitých iónov.

Vzniká, ak je veľký rozdiel elektronegativity zlúčených atómov, takže **valenčný elektrón vonkajšej vrstvy jedného atómu prejde do vonkajšej vrstvy druhého atómu**. Je smerovo nešpecifická.

Najznámejšia zlúčenina, ktorá je tvorená iónovou väzbou je NaCl, ďalej napr: LiF, Na₂O, BeCl₂, MgO.



Iónová väzba:

uplatňuje sa **iba** u zlúčenín, najčastejšie prvkov „z opačných koncov periodickej tabuľky“. „školským“ príkladom je NaCl .

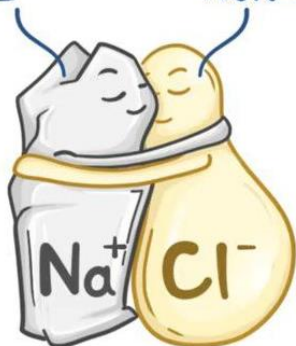
Vpravo ► je veľmi schematický „rez“ kryštálom NaCl . Každý ión je obkolesený v najbližšom susedstve **šiestimi** (pozor, treba uvažovať priestorovo!) **iónmi opačnej polarity**, preto NaCl tvorí kubické kryštály.

Látky s väzbami tohto typu sú charakterizované *tvrdosťou, vysokým bodom topenia, veľmi nízkou tepelnou a takmer nulovou elektrickou vodivosťou (izolanty)*.

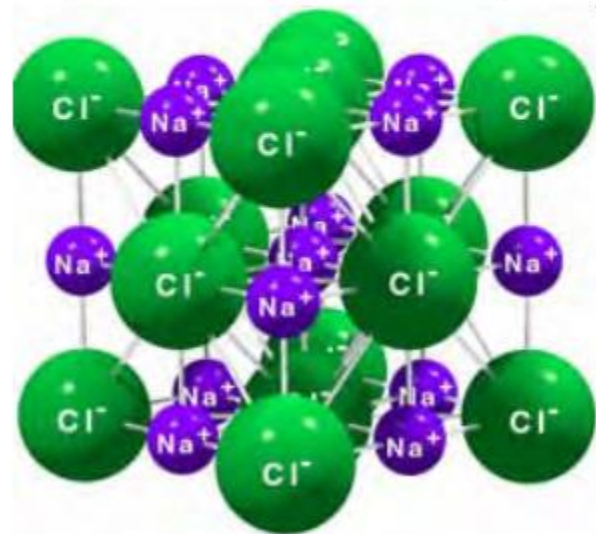
IONIC BOND

METAL

NON-METAL



„Rez“ kryštálom NaCl :

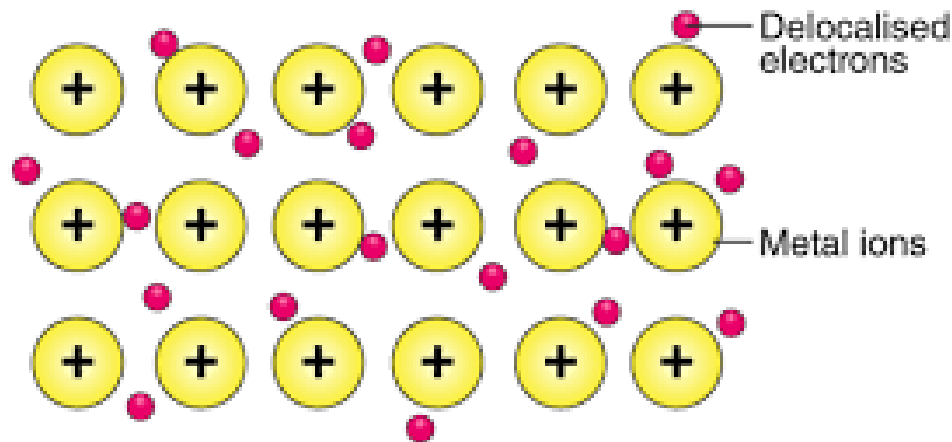


Kovová väzba:

Kovová väzba je delokalizovaná kovalentná väzba, pri ktorej sa v rámci kryštálu kovu **väzbové elektróny pohybujú voľne** – v oblasti atómov celej zlúčeniny.

Typická pre elektropozitívne prvky.

Voľná pohyblivosť elektrónov spôsobuje dobrú elektrickú vodivosť kovov.



Kovová väzba

Je veľmi príbuzná *kovalentnej*, s tým rozdielom, že valenčné elektróny „nezostávajú“ pri svojich katiónoch, ale vytvoria tzv. „**elektrónové more**“ a pohybujú sa v kryštálovej mriežke *takmer voľne*.

To sprostredkuje **vysokú elektrickú aj tepelnú vodivosť kovov**.

Sila kovových väzieb sa veľmi líši podľa druhu kovu. Preto aj mechanické a termické vlastnosti kovov sú **veľmi rozdielne**:

na jednom „póle“ napríklad *ortuť (Hg)*:

bod topenia *mínus 38,8 °C*

(pri izbovej teplote kvapalná) ►

bod varu + *629 °C*

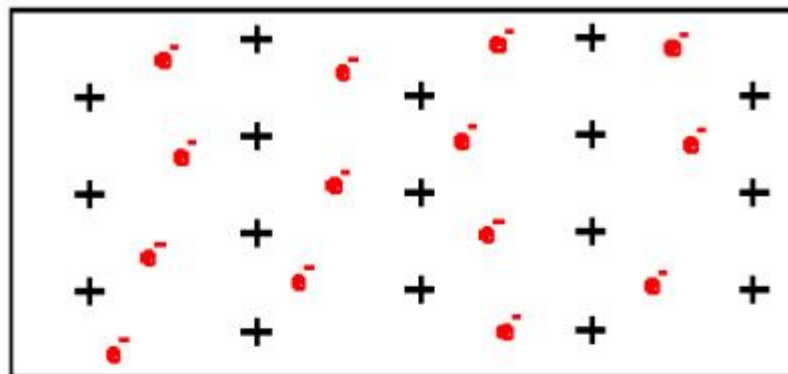
na „druhom póle“ *wolfrám (W)*:

bod topenia + *3422 °C*

bod varu + *5560 °C*

Práve tak mechanické vlastnosti – porovnajme napr. **mäkký hliník** alebo **olovo** s **tvrdým titánom**.

Aj hustoty sú veľmi odlišné – napr. *lítium (Li)* – kov s najnižšou hustotou *0,53 g.cm⁻³* (polovica vodnej) oproti *osmiu (Os)* s najvyššou známou hustotou *22,61 g.cm⁻³*.



e^- = delokalizovaný (voľný) elektrón

$+$ = katión kovu



Väzba disperznými silami:

Sú omnoho slabšie ako predchádzajúce (aj pôsobia na kratšie vzdialenosti), ale sú mimoriadne dôležité v biochémii – pri popise väzieb v živých organizmoch.

Ich podstatou sú dipól-dipólové interakcie medzi molekulami.

Atómy (molekuly) síce vystupujú ako tzv. elektronegatívne objekty, Ale rozmiestnenie kladného a záporného náboja v rámci nich nie je rovnomerné.

(dipóly v rámci atómov-molekúl: permanentné alebo indukované)

Poznáme dva základné typy týchto väzieb:

Van der Waalsové sily – vzájomné pôsobenie molekulových dipólov. Prejavujú sa priťahovaním opačných pólův molekul alebo priťahovaním nábojův iónův.

Vodíková väzba alebo vodíkový mostík je silnejšia ako väčšina ostatných medzimolekulových síl, ale je podstatne slabšia ako kovalentná (iónová) väzba.

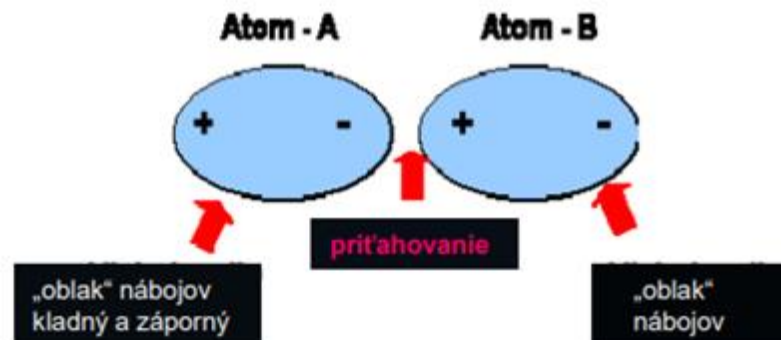
Van der Waalsove sily (indukované dipóly):

Elektrické dipóly môžu byť **indukované** (vybudené prítomnosťou ďalšej blízkej molekuly alebo atómu) alebo **permanentné** (trvale v molekule prítomné).

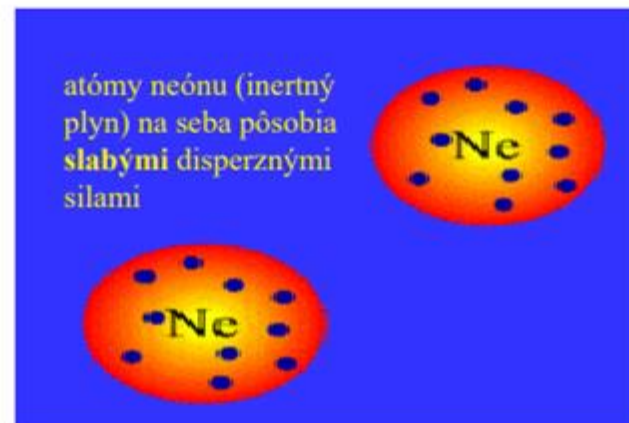
Prvý prípad – **indukované dipóly - van der Waalsove sily** (označenie *disperzné*, pretože sú zodpovedné za **disperziu svetla** v látkach, čiže zmenu optických vlastností, napr. indexu lomu, s vlnovou dĺžkou svetelného – elektromagnet. žiarenia).

Typické prípady – inertné plyny v pevnom skupenstve (veľmi nízke body topenia), **uhlíkovodíky** (napr. parafín), iné molekulárne kryštály. Často viažu zložité **molekuly (organických zlúčenín)**. Sú rozhodujúce pre vlastnosti a štruktúru **termoplastov**.

Druhý prípad (**permanentné dipóly**) – **vodíkové mostíky** (ďalšia str.)



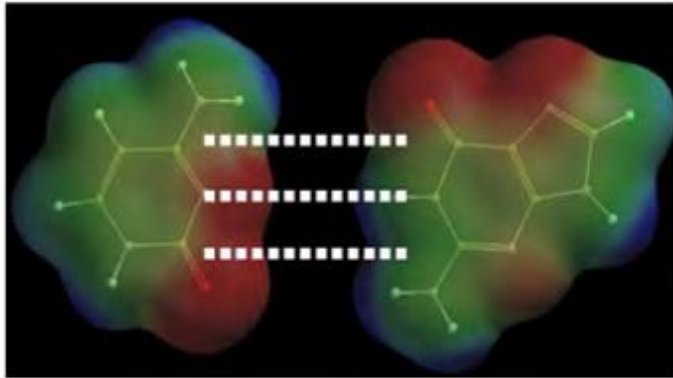
Pozn.: atómy nemusia mať iba guľový tvar.



Vodíkové mostíky:

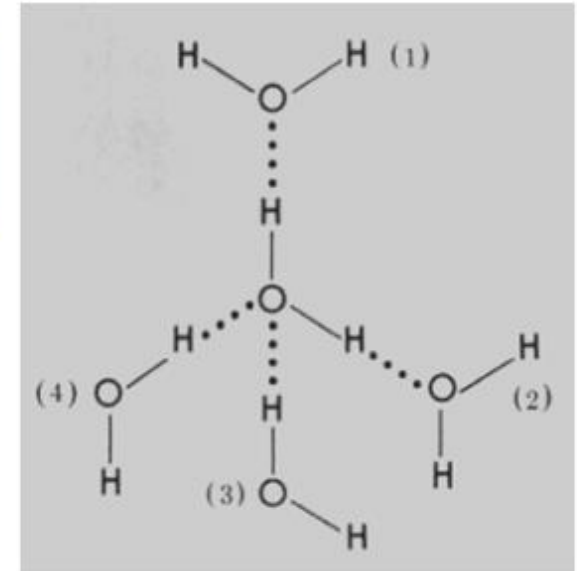
Vodík (máme na mysli ľahký izotop ^1H) je formálne *jednomocný*, ale môže okrem „hlavnej“ väzby byť navyše slabo viazaný na atóm výrazne elektronegatívneho prvku (napr. **O**, **N**, **F**, niekedy **S**). Je teda v istom zmysle „*jeden a pol*“ *mocný*, ako to znázorňuje obrázok napravo ►

Väzby tohto druhu („vodíkové mostíky“) spoluurčujú vlastnosti a štruktúru vody v pevnom aj kvapalnom skupenstve („anomália vody“). Sú mimoriadne dôležité v zložitých bioorganických molekulárnych systémoch (napr. **DNA**, **RNA** ..)



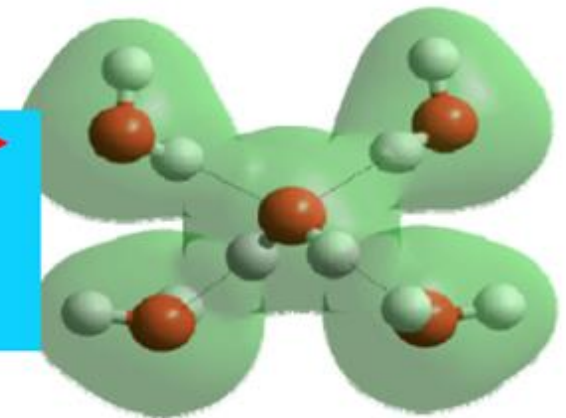
◄ znázornenie väzieb medzi molekulami *aminokyselín* vodíkovými mostíkmi.

To má **zásadný význam** pre štruktúry **enzýmov**, **DNA** a veľa biologicky aktívnych molekúl a ich agregátov.



▲
Väzby cez vodíkové mostíky sú *slabé* – preto **biomolekuly a biopolyméry** strácajú svoje vlastnosti už pri pomerne nízkych teplotách – u bielkovín už okolo + 50 °C dochádza k nevratnej degradácii a strate biologickej aktivity.

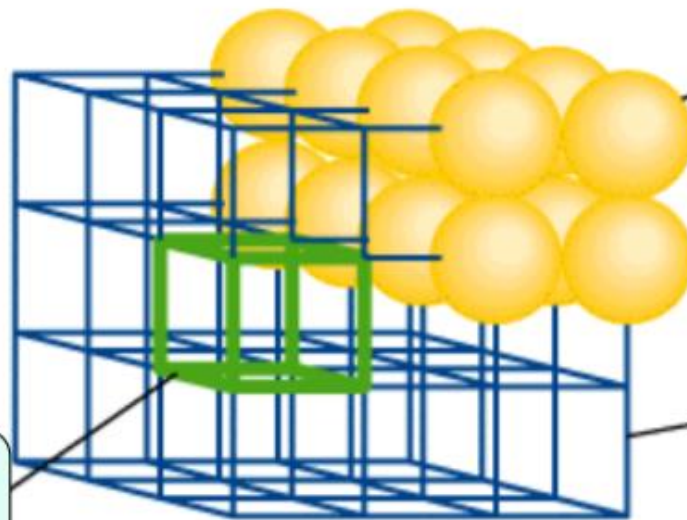
Fragment štruktúry vody (H_2O) ►
červene – atómy kyslíka
svetlé – atómy vodíka
bodkované – „vodíkové mostíky“



Klasifikácia podľa typu (povahy) väzby

Typ	základná (molekulová) jednotka	dominantné sily	typické vlastnosti
ionový	ióny	elektrostatické	vysoká taviteľnosť, tvrdosť, krehkosť
kovalentný	atómy elektronegatív- nych prvkov	chemická väzba	netaviteľnosť (rozklad), extrémna tvrdosť
kovový	atómy elektropozitív- nych prvkov	mobilné elektróny	stredná až vysoká taviteľnosť, deformovateľnosť, elektrická vodivosť, kovový lesk
molekulový	molekuly	van der Waals	nízka-stredná teplota topenia, nízka tvrdosť

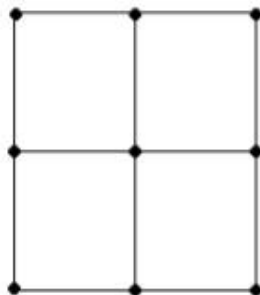
kryštálová štruktúra a kryštálová mriežka



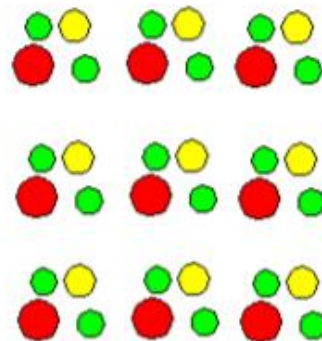
kryštálová štruktúra
- aktuálne usporiadanie
atómov

kryštálová mriežka
-geometrický pojem

**základná
bunka**

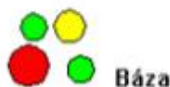


Elementárna
(kryštálová) mriežka



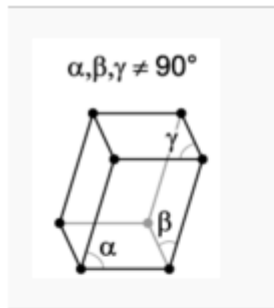
Kryštálová štruktúra (resp. štruktúrna
mriežka)

**uzlové body mriežky
a polohy atómov nie
sú totožné!
(môžu byť)**

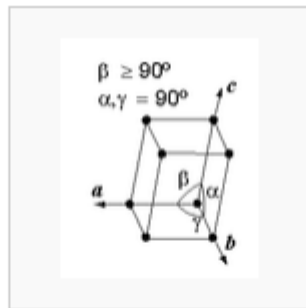


Báza

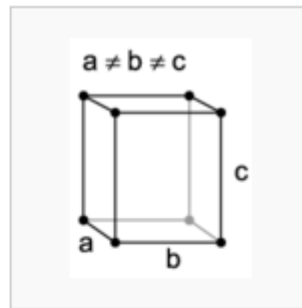
kryštalografické sústavy (mriežky) v mineralógii



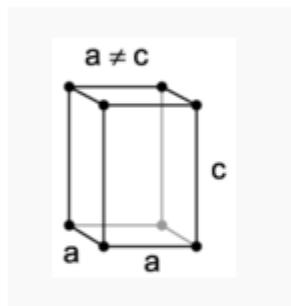
Triklinická sústava



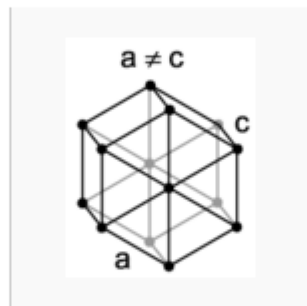
Monoklinická sústava



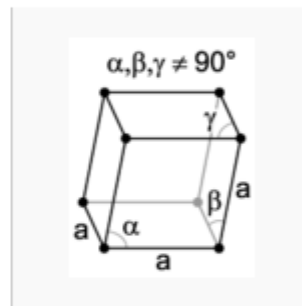
Rombická sústava



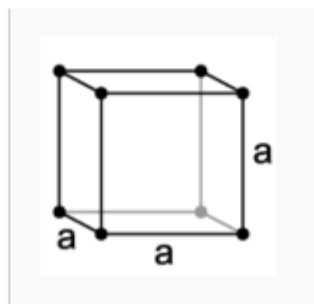
Tetragonálna sústava



Hexagonálna sústava



Trigonálna sústava

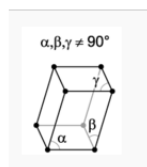


Kubická sústava

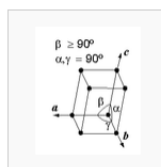
- triklinická
- monoklinická
- rombická
- tetragonálna
- hexagonálna
- trigonálna
- kubická

Mohsova stupnica tvrdosti minerálov

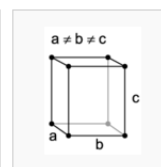
STUPEŇ	NERAST	VLASTNOSŤ	CHEMICKÝ VZOREC	SÚSTAVA
1	mastenec	Možno rýpať nechťom, na dotyk sú často jemné a hebké.	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	monoklinická
2	halit	Možno čiastočne rýpať nechťom.	NaCl	kubická
3	Kalcit	Možno rýpať medenou mincou alebo drôtom.	CaCO_3	trigonálna
4	fluorit	Možno rýpať oceľovým nožom.	CaF_2	kubická
5	apatit	Možno rýpať oceľovým nožom.	$\text{F}^-, \text{Cl}^-, \text{OH}^-$	hexagonálna
6	ortoklas	Možno rýpať do skla.	KAlSi_3O_8	monoklinická
7	kremeň	Možno rýpať do skla.	SiO_2	trigonálna
8	topás	Nemožno rýpať ani pilníkom, pri kresaní často iskria.	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$	rombická
9	korund	Nemožno rýpať ani pilníkom, pri kresaní často iskria.	Al_2O_3	trigonálna
10	diamant	Nemožno rýpať ani pilníkom, pri kresaní často iskria.	C	kubická



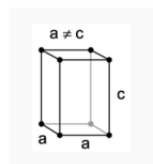
Triklinická sústava



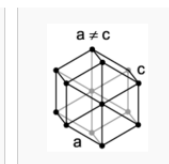
Monoklinická sústava



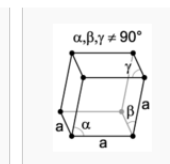
Rombická sústava



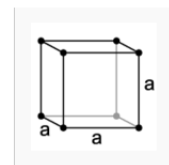
Tetragonálna sústava



Hexagonálna sústava



Trigonálna sústava



Kubická sústava

Hustota

Hustota - hmotnosť jednotkového objemu látky.

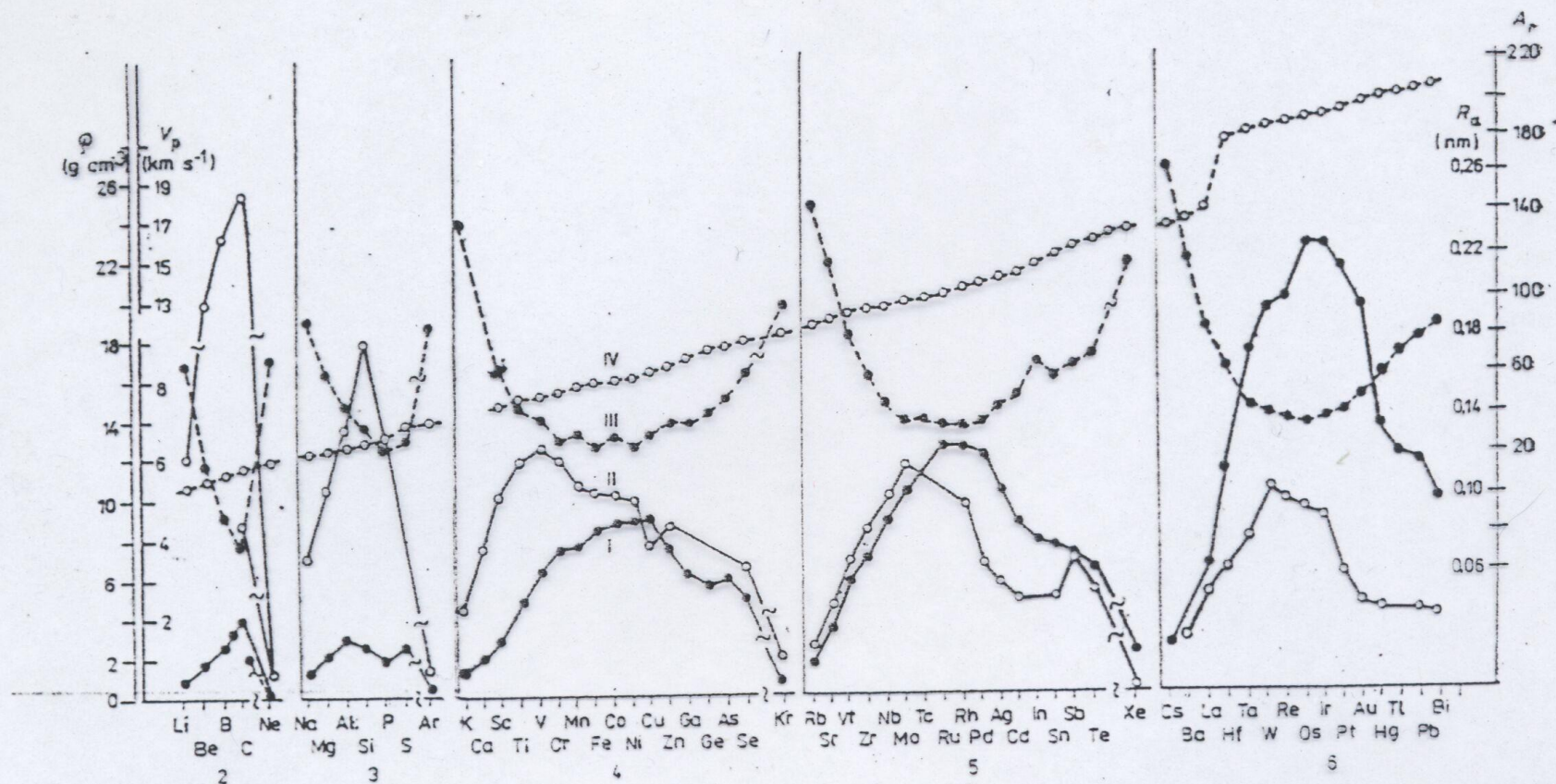
$$\rho = \frac{m}{V}$$

kde: m je hmotnosť, V je objem.

Platí, že hustota minerálov závisí od dvoch skutočností:

- 1) od koncentrácie atómov s vyššou pomernou atómovou hmotnosťou a nižším atómovým polomerom (prevažne pri rudných mineráloch),
- 2) od usporiadania – iónových polomerov, valencie, typu väzby, mriežky; inými slovami od kryštalografickej sústavy (prevažne pri horninotvorných mineráloch).

hustoty prvků – vlastnosti, súvislosti



Obr. 2. Závislost fyzikálních vlastností chemických prvků na jejich postavení v periodické soustavě

I — hustota, II — rychlost šíření podélných vln, III — atomový poloměr, IV — poměrná atomová hmotnost; 2 až 6 — periody soustavy prvků (Dortman, Magid 1969)

hustoty prvkov – vlastnosti, súvislosti

PERIODICKÁ SÚSTAVA PRVKOV

formát A4

skupina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	I. A	II. A	III. B	IV. B	V. B	VI. B	VII. B	VIII. B			I. B	II. B	III. A	IV. A	V. A	VI. A	VII. A	VIII. A

1	2	Skupenstvo (20°C) farba písmna V pevné K kvapalné H plynne kovy polokovy nekovy										OXIDAČNÉ ČÍSLO (najčastejšie tuhé) PROTONOVÉ ČÍSLO (Z) SLOVENSKÝ NÁZOV LATINSKÝ NÁZOV ELEKTRONEGATIVITA CHEMICKÁ ZNAČKA OBSADENOSŤ ELEKTRONOVÝCH VRSTVIEV RELATIVNÁ ATÓMOVÁ HMOTNOSŤ RADIOAKTÍVNY PRVOK UMELO PRIPRAVENÝ PRVOK			 Dmitrij Ivanovič Mendelejev (1834–1907)			19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36																						
1	1 H vodík Hydrogenium 1,008	2 He hélium Helium 4,0026																										19 K draslík Kalium 39,0983	20 Ca vápník Calcium 40,078	21 Sc skandium Scandium 44,95591	22 Ti titan Titanium 47,88	23 V vanád Vanadium 50,9415	24 Cr chróm Chromium 51,9961	25 Mn mangán Manganum 54,93804	26 Fe železo Ferrum 55,845	27 Co kobalt Cobaltum 58,9332	28 Ni nikel Nickolum 58,6934	29 Cu meď Cuprum 63,546	30 Zn zinc Zincum 65,38	31 Ga gálium Gallium 69,723	32 Ge germánium Germanium 72,63	33 As arzen Arsenicum 74,9216	34 Se selén Selenium 78,971	35 Br brom Bromum 79,904	36 Kr kryptón Kryptonum 83,798												
2	3 Li lítium Lithium 6,94	4 Be berýlium Beryllium 9,01218																																			19 K draslík Kalium 39,0983	20 Ca vápník Calcium 40,078	21 Sc skandium Scandium 44,95591	22 Ti titan Titanium 47,88	23 V vanád Vanadium 50,9415	24 Cr chróm Chromium 51,9961	25 Mn mangán Manganum 54,93804	26 Fe železo Ferrum 55,845	27 Co kobalt Cobaltum 58,9332	28 Ni nikel Nickolum 58,6934	29 Cu meď Cuprum 63,546	30 Zn zinc Zincum 65,38	31 Ga gálium Gallium 69,723	32 Ge germánium Germanium 72,63	33 As arzen Arsenicum 74,9216	34 Se selén Selenium 78,971	35 Br brom Bromum 79,904	36 Kr kryptón Kryptonum 83,798			
3	11 Na sodík Natrium 22,98977	12 Mg horčík Magnesium 24,305																																						19 K draslík Kalium 39,0983	20 Ca vápník Calcium 40,078	21 Sc skandium Scandium 44,95591	22 Ti titan Titanium 47,88	23 V vanád Vanadium 50,9415	24 Cr chróm Chromium 51,9961	25 Mn mangán Manganum 54,93804	26 Fe železo Ferrum 55,845	27 Co kobalt Cobaltum 58,9332	28 Ni nikel Nickolum 58,6934	29 Cu meď Cuprum 63,546	30 Zn zinc Zincum 65,38	31 Ga gálium Gallium 69,723	32 Ge germánium Germanium 72,63	33 As arzen Arsenicum 74,9216	34 Se selén Selenium 78,971	35 Br brom Bromum 79,904	36 Kr kryptón Kryptonum 83,798
4	19 K draslík Kalium 39,0983	20 Ca vápník Calcium 40,078	21 Sc skandium Scandium 44,95591	22 Ti titan Titanium 47,88	23 V vanád Vanadium 50,9415	24 Cr chróm Chromium 51,9961	25 Mn mangán Manganum 54,93804	26 Fe železo Ferrum 55,845	27 Co kobalt Cobaltum 58,9332	28 Ni nikel Nickolum 58,6934	29 Cu meď Cuprum 63,546	30 Zn zinc Zincum 65,38	31 Ga gálium Gallium 69,723	32 Ge germánium Germanium 72,63	33 As arzen Arsenicum 74,9216	34 Se selén Selenium 78,971	35 Br brom Bromum 79,904	36 Kr kryptón Kryptonum 83,798																																							
5	37 Rb rubídium Rubidium 85,4678	38 Sr stroncium Strontium 87,62	39 Y ytřium Yttrium 88,90584	40 Zr zirkónium Zirconium 91,224	41 Nb niób Niobium 92,90637	42 Mo molybdén Molybdenum 95,94	43 Tc technécium Technetium (98)	44 Ru rutenium Ruthenium 101,07	45 Rh ródium Rhodium 102,9055	46 Pd paládium Palladium 106,42	47 Ag striebro Argentum 107,8682	48 Cd kadmium Cadmium 112,414	49 In indium Indium 114,818	50 Sn cín Stannum 118,71	51 Sb antimón Stibium 121,76	52 Te telúr Tellurium 127,6	53 I jóď Iodum 126,90447	54 Xe xenón Xenonium 131,29																																							
6	55 Cs cézium Caesium 132,90545	56 Ba barium Barium 137,327	57 La lantán Lanthanum 138,90547	72 Hf hafnium Hafnium 178,49	73 Ta tantál Tantalum 180,94788	74 W volfrám Wolframium 183,84	75 Re renium Rhenium 186,207	76 Os osmium Osmium 190,23	77 Ir irídium Iridium 192,221	78 Pt platína Platinum 195,084	79 Au zlato Aurum 196,96657	80 Hg ortuť Hydragyrum 200,592	81 Tl tálium Thallium 204,382	82 Pb olovo Plumbum 207,2	83 Bi bizmut Bismuthum 208,9804	84 Po polónium Polonium (209)	85 At astát Astatium (210)	86 Rn radón Radonium (222)																																							
7	87 Fr francium Francium (223)	88 Ra rádium Radium (226)	89 Ac aktínium Actinium (227)	104 Rf rutherfordium Rutherfordium (261)	105 Db dubnium Dubnium (268)	106 Sg seaborgium Seaborgium (271)	107 Bh bohrium Bohrium (270)	108 Hs hasium Hassium (277)	109 Mt meitnerium Meitnerium (276)	110 Ds darmstadtium Darmstadtium (291)	111 Rg ročkovium Roentgenium (282)	112 Cn kopernícium Copernicium (285)	113 Nh nihónium Nihonium (286)	114 Fl flerovium Flerovium (289)	115 Mc moskovium Moscovium (290)	116 Lv livermorium Livermorium (293)	117 Ts tenes Tennessine (294)	118 Og oganesón Oganesson (294)																																							

LANTANOIDY
AKTINOIDY

58 Ce céř Cerium 140,116	59 Pr prázěď Praseodymium 140,90768	60 Nd neodym Neodymium 144,242	61 Pm proměť Promethium (145)	62 Sm samárrium Samarium 150,36	63 Eu eůř Europium 151,964	64 Gd gadolínium Gadolinium 157,25	65 Tb terbium Terbium 158,92535	66 Dy dyřpróčium Dysprosium 162,5	67 Ho holmium Holmium 164,93033	68 Er erbio Erbium 167,259	69 Tm tolyum Thulium 168,93402	70 Yb yterbio Ytterbium 173,046	71 Lu lutécium Lutetium 174,967
90 Th tórrium Thorium 232,0377	91 Pa protaktinium Protactinium 231,03688	92 U urán Uranium 238,02891	93 Np neptúnium Neptunium (237)	94 Pu plutónium Plutonium (244)	95 Am amerícium Americium (243)	96 Cm curium Curium (247)	97 Bk berkelium Berkelium (247)	98 Cf kalifornium Californium (251)	99 Es eřnténium Einsteinium (252)	100 Fm fermium Fermium (257)	101 Md mendelievium Mendelevium (258)	102 No nobelium Nobelium (259)	103 Lr lawrencium Lawrencium (262)

kuoka
nakladatelstvo
www.kuokanet.sk



Dmitrij Ivanovič Mendelejev (1834–1907)

Skupenstvo (20°C)
farba písmna

V pevně
kvapalné
plynné

kovy
polokovy
nekovy

OXIDAČNÉ ČÍSLO (najčastejšie tučné)

PROTÓNOVÉ ČÍSLO (Z)

ELEKTRONEGATIVITA

CHEMICKÁ ZNAČKA

OBSADENOSŤ ELEKTROŇOVÝCH VRSTVÍ

RELATÍVNA ATÓMOVÁ HMOTNOSŤ

SLOVENSKÝ NÁZOV

LATINSKÝ NÁZOV

RADIOAKTÍVNY PRVOK

UMELO PRIPRAVENÝ PRVOK

Obsah prednášky:

- pevná látka (skupenstvo)
- kryštalické a amorfné látky
- väzbové sily
- kryštalizačné sústavy
- mechanické vlastnosti pevných látok (Hookov zákon)
- šírenie mechanických vln pevnými látkami

mechanické vlastnosti látok

Predstavujú reakcie látok na mechanické zatažovanie v závislosti na pomere vonkajších deformačných a vnútorných väzobných síl.

Deformácia:

Deformácia je zmena tvaru (rozmeru, objemu) telesa pôsobením vonkajších síl.

- a) elastická – pružná, dočasná (zmizne ako náhle prestanú pôsobiť vonkajšie sily),
- b) plastická – nepružná, trvalá (nezmizne – pretrváva, aj keď vonkajšie sily prestanú pôsobiť).

Deformácia môže byť spôsobená:

- ťahom,
- tlakom,
- ohybom,
- strihom/šmykom,
- krutom,
- alebo ich kombináciou.

mechanické vlastnosti látok

Deformácia:

Deformácia je zmena tvaru (rozmeru, objemu) telesa pôsobením vonkajších síl.

- a) elastická – pružná, dočasná (zmizne ako náhle prestanú pôsobiť vonkajšie sily),
- b) plastická – nepružná, trvalá (nezmizne – pretrváva, aj keď vonkajšie sily prestanú pôsobiť).

a) elastická

b) plastická

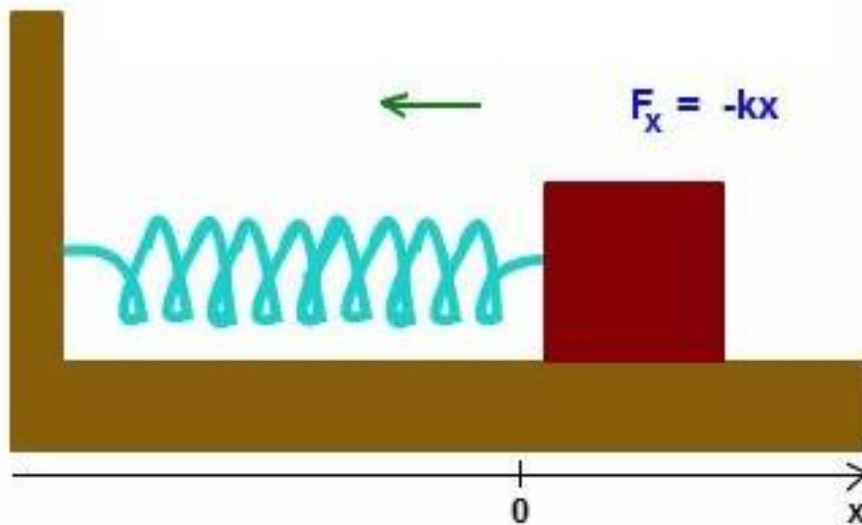


Hookov zákon pre pružinu

Elastické vlastnosti pevných látok popisuje v najjednoduchšom prípade základný **Hookov zákon (pre pružinu)**:
popisuje lineárny vzťah medzi silou a deformáciou (pre pružinu):

$$F_x = -kx$$

kde x je výchylka pozdĺž osi x a k je tv. Hookova konštanta.

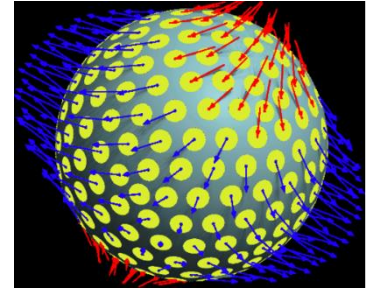


Napätie v mechanike kontinua

Mechanické napätie je stav, ktorý vznikne v telese, ak naň pôsobia účinky síl. Napätie je miera vnútorného rozloženia síl na jednotkovú plochu telesa, ktorá vyrovnáva účinok vonkajšieho zaťaženia, alebo okrajových podmienok pôsobiacich na teleso.

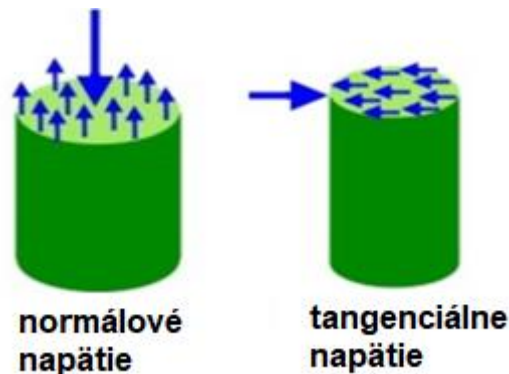
Najčastejšie je spôsobené tlakom alebo ťahom.

Jednotka je identická s jednotkou tlaku [Pa], ale je to tzv. tenzorová veličina (“viacrozmerný vektor”).



Podľa smeru pôsobenia poznáme:

- **normálové napätie** (σ): kolmé k skúmanému prierezu v telese,
- **tangenciálne napätie** (τ): rovnobežné so skúmaným prierezom.



Hookov zákon v mechanike kontinua

V najjednoduchšom prípade (jednoosové namáhanie) je vzťah medzi mechanickým napätím (σ) a spôsobenou deformáciou (ε) daný tzv. **Hookovým zákonom**:

$$\sigma = E \varepsilon$$

kde σ je normálové napätie (Pa), ε je relatívne predĺženie (bezrozmerné), E je Youngov modul pružnosti v ťahu, ktorý je charakteristickou konštantou pre rôzne látky (GPa).

Pre relatívne predĺženie ε platí: $\varepsilon = \Delta l / l_0$,

$\Delta l = l - l_0$ znamená celkové predĺženie objektu pri deformácii;
 l_0 je rozmer pred deformáciou, l je nový rozmer po deformácii.

Relatívne skrútenie η je definované podobne: $\eta = \Delta d / d_0$,

$\Delta d = d - d_0$ znamená celkové skrútenie objektu pri deformácii;
 d_0 je rozmer pred deformáciou, d je nový rozmer po deformácii.

Hookov zákon v mechanike kontinua

V najjednoduchšom prípade (jednoosové namáhanie) je vzťah medzi mechanickým napätím (σ) a spôsobenou deformáciou (ε) daný tzv. **Hookovým zákonom**:

$$\sigma = E \varepsilon$$

kde σ je normálové napätie (Pa), ε je relatívne predĺženie, E je Youngov modul pružnosti v ťahu, ktorý je charakteristickou konštantou pre rôzne látky (GPa).

ε - relatívne predĺženie, η - relatívne skrátenie.

Vzťah medzi ε a η je daný:

$$\eta = \frac{1}{m} \varepsilon = \frac{\sigma}{mE} = \nu \frac{\sigma}{E}$$

kde m je tzv. Poissonova konštanta a ν je tzv. Poissonovo číslo (Poissonovo číslo je prevrátená hodnota Poissonovej konštanty).

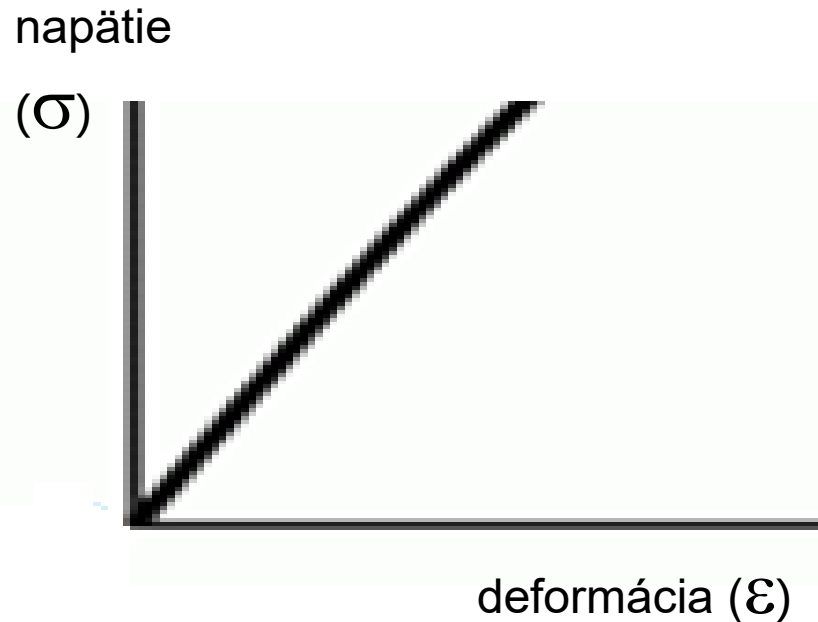
Hookov zákon v mechanike kontinua

V geomechanike - v najjednoduchšom prípade (jednoosové namáhanie) je vzťah medzi mechanickým napätím (σ) a spôsobenou deformáciou (ε) daný

Hookovým zákonom:

$$\sigma = E \varepsilon$$

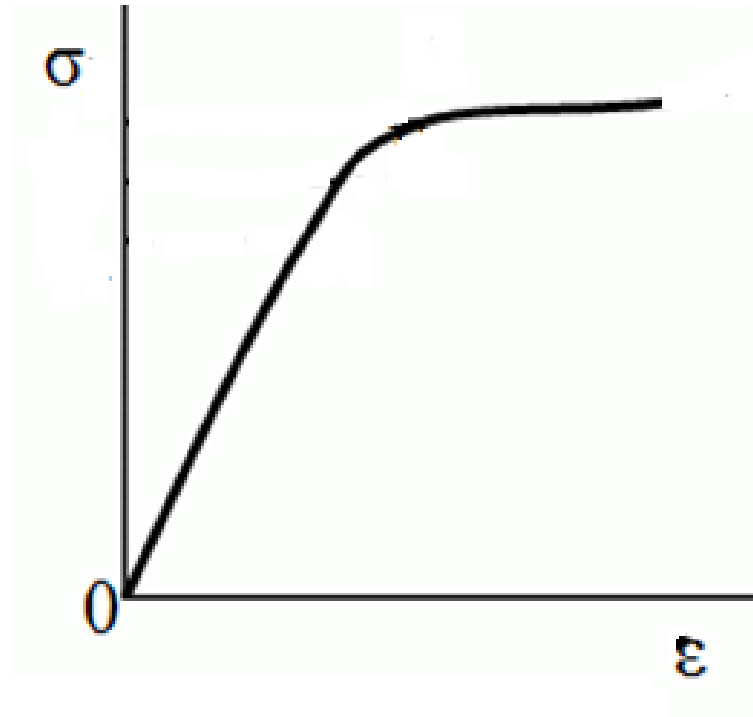
v grafe:



Poznámka: v angličtine – napätie (stress), deformácia (strain).

Hookov zákon v mechanike kontinua

Po dosiahnutí určitej hranice napätia (tzv. medza klzu) elastická (pružná) deformácia končí a deformácia sa stáva plastickou (nepružnou):



<https://www.youtube.com/watch?v=Oz8fW68RY6I>
(od času 3:50 + praktické príklady)

Krivka deformácie

Ukazuje prechod medzi pružnou a plastickou deformáciou.

0-A: **pružná deformácia**

(Hookov zákon),

A - medza úmernosti (σ_u),

B - medza pružnosti (σ_d) =
dovolené napätie,

A-B: zóna dopružovania,

C - medza klzu (σ_k) = prietlačnosti
dochádza ku náhlemu predĺženiu,

B-E: **plastická deformácia**,

C-D: tečenie materiálu,

D-E: spevnenie materiálu,

E - medza pevnosti (σ_p).

napätie

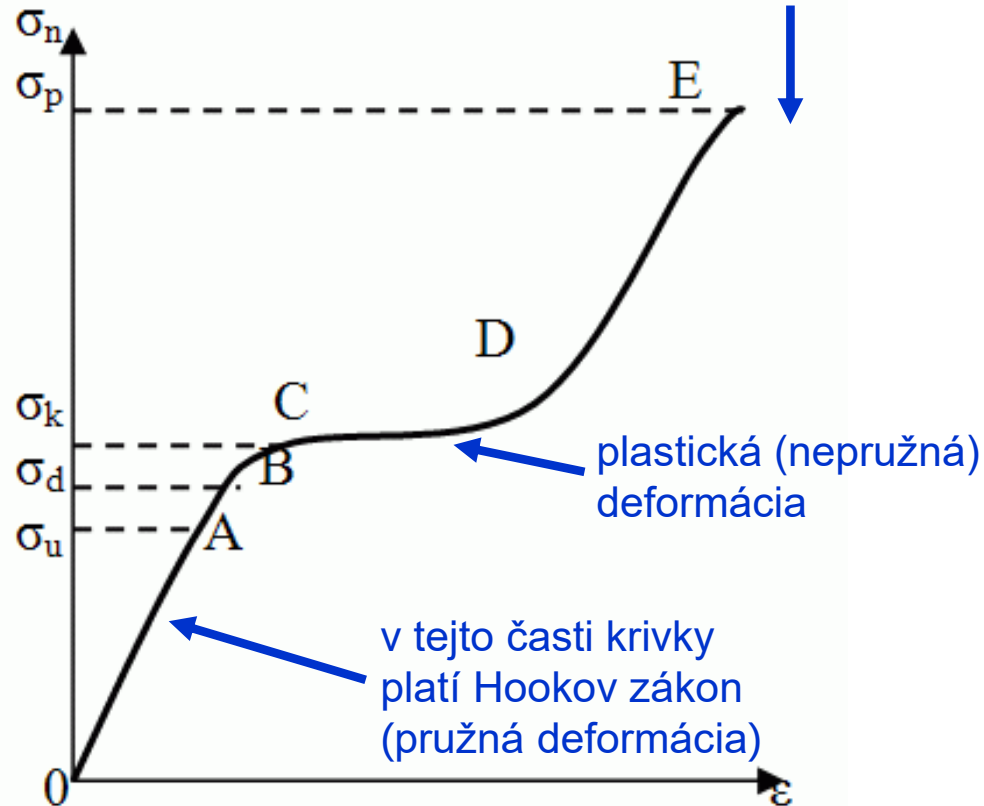
σ_n
 σ_p

σ_k
 σ_d
 σ_u

0

deformácia

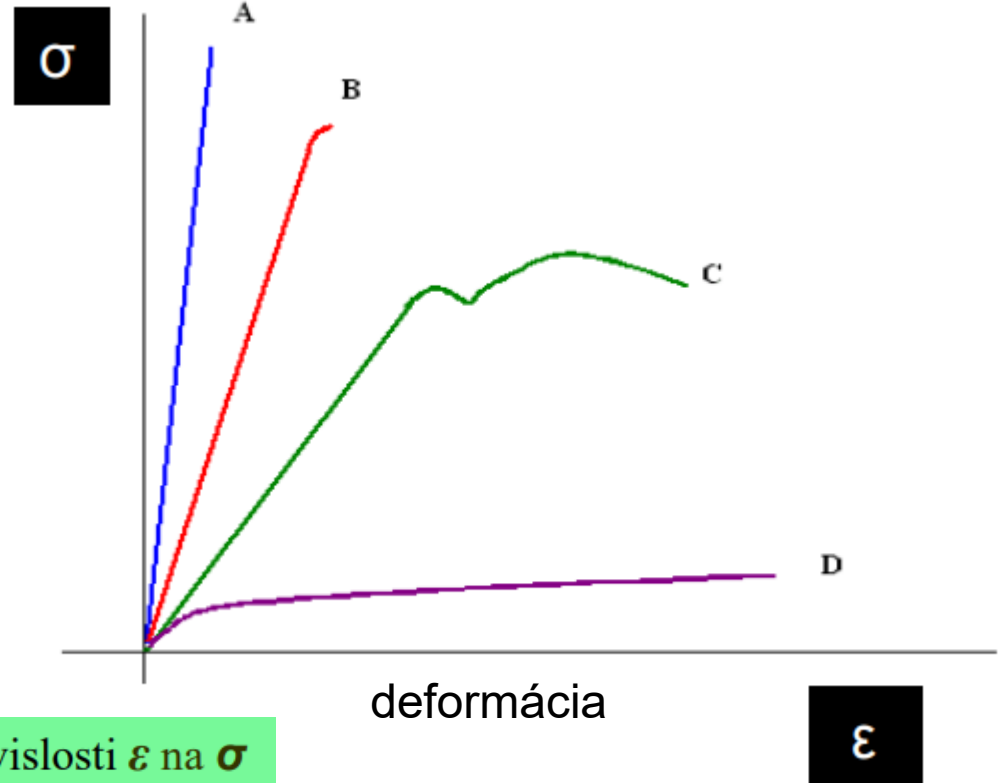
nasleduje
deštrukcia
(lom) materiálu



Vypočítaním aktuálneho normálového napätia a zadaním konkrétnych medzných hodnôt vieme posúdiť, čo sa stane s daným materiálom (napr. $\sigma_n > \sigma_p$: objekt sa láme).

Krivka deformácie

napätie



◀ Pre rôzne materiály majú grafy závislosti ϵ na σ veľmi odlišné priebehy:

A – materiál pevný, ale veľmi krehký

B – pevný materiál, viac deformovateľný ako **A**

C – typické pre bežné konštrukčné materiály

D – materiál mäkký, poddajný

Obsah prednášky:

- pevná látka (skupenstvo)
- kryštalické a amorfné látky
- väzbové sily
- kryštalizačné sústavy
- mechanické vlastnosti pevných látok (Hookov zákon)
- šírenie mechanických vln pevnými látkami

mechanické vlny

Presun energie (bez presunu hmôt) sa v prírode deje často pomocou dynamických porúch, presúvajúcich sa v priestore (a oscilujúcich v čase) – tieto dynamické poruchy označujeme ako **vlny**.

vlny

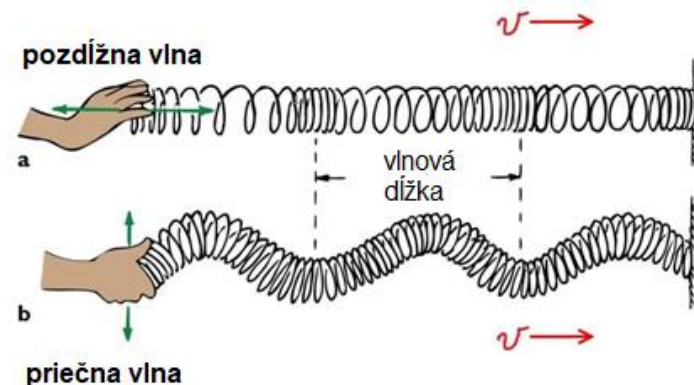
- **mechanické** – šíria sa médiom, ktoré je deformované (napr. zvukové vlny, morské vlny, seizmologické vlny)
- **elektromagnetické** – bez média (aj vo vákuu) (napr. svetlo, sálanie tepla, rádiové vlny, ...)

mechanické vlny

- **pozdlžne** – oscilácie sú paralelné s prenosom energie
- **priečne** – oscilácie sú kolmé na smer šírenia vlny (nešíria sa v plynch a kvapalinách)



tzv. povrchové vlny



dôležité parametre: vlnová dĺžka [m] a frekvencia [Hz = s⁻¹]

mechanické vlny

Zvukové vlny sú taktiež mechanické vlny (vo vákuu sa napríklad nešíria).

Rýchlosť zvuku (mechanických vln)
v rôznych médiách:

vákuum: 0 m/s,

vzduch: 330 m/s,

voda: 1490 m/s,

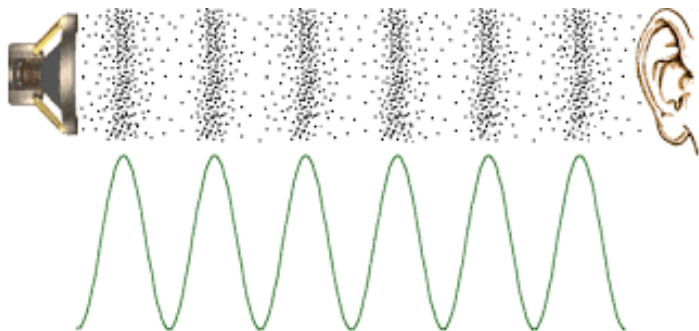
sklo: ≈ 4000 m/s,

betón: ≈ 4800 m/s,

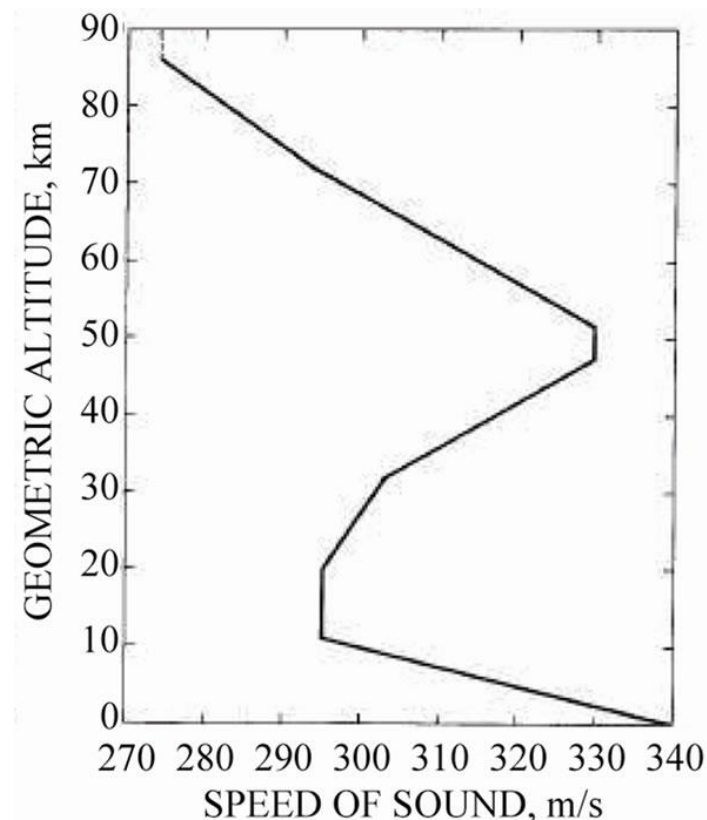
horniny vrchnej kôry: 3000 – 6000 m/s,

horniny spodnej kôry: 6000 – 7000 m/s,

horniny vrchného plášťa: ≈ 8000 m/s.



rýchlosť zvuku v atmosfére:

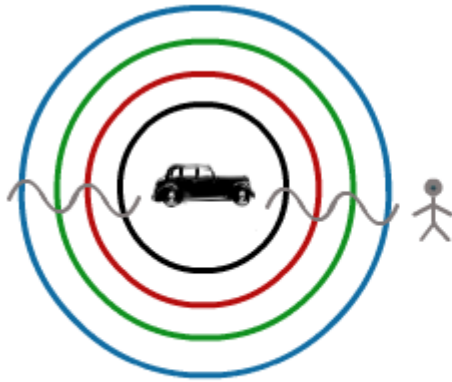


nárast rýchlosti zvuku v stratosfére
je spôsobený nárastom teploty.

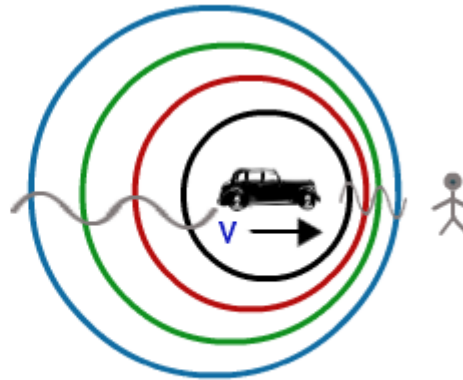
Dopplerov efekt (jav)

Predstavuje zmenu vo frekvencii zvukovej vlny pre pozorovateľa, ktorý sa pohybuje relatívne ku zdroju zvuku.

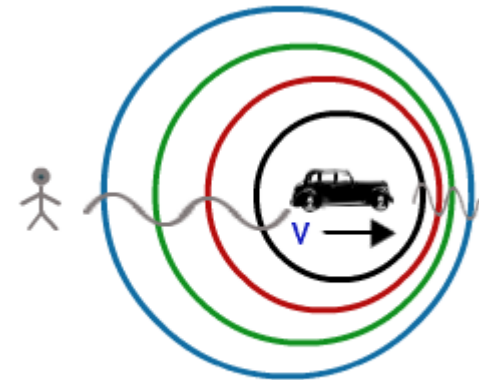
V porovnaní s vysielanou frekvenciou je prijímaná frekvencia vyššia pri približovaní sa objektu a nižšia počas jeho vzdďalovania.



Source at rest



Source in motion



Source in motion

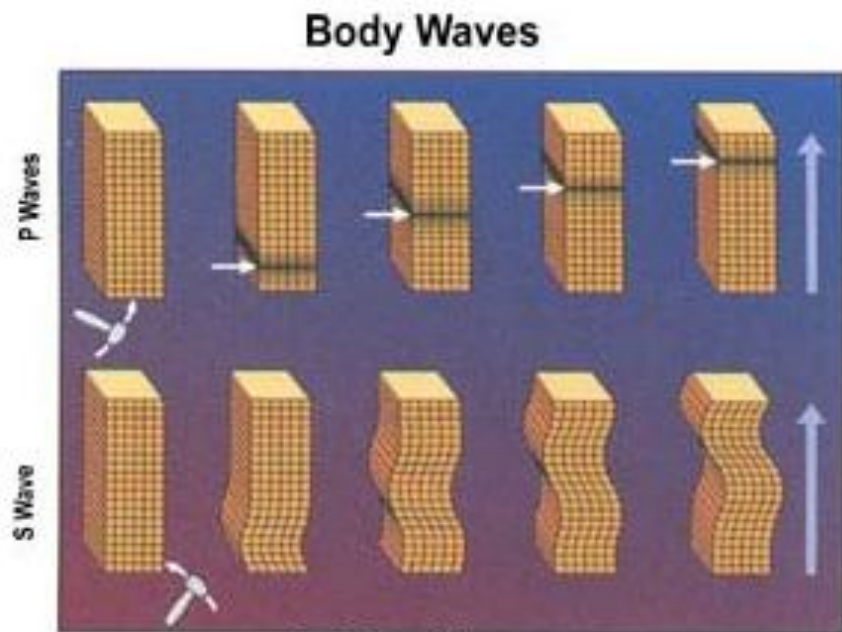


SHELDON COOPER

"I'm not a zebra. I am The Doppler Effect."

mechanické vlny

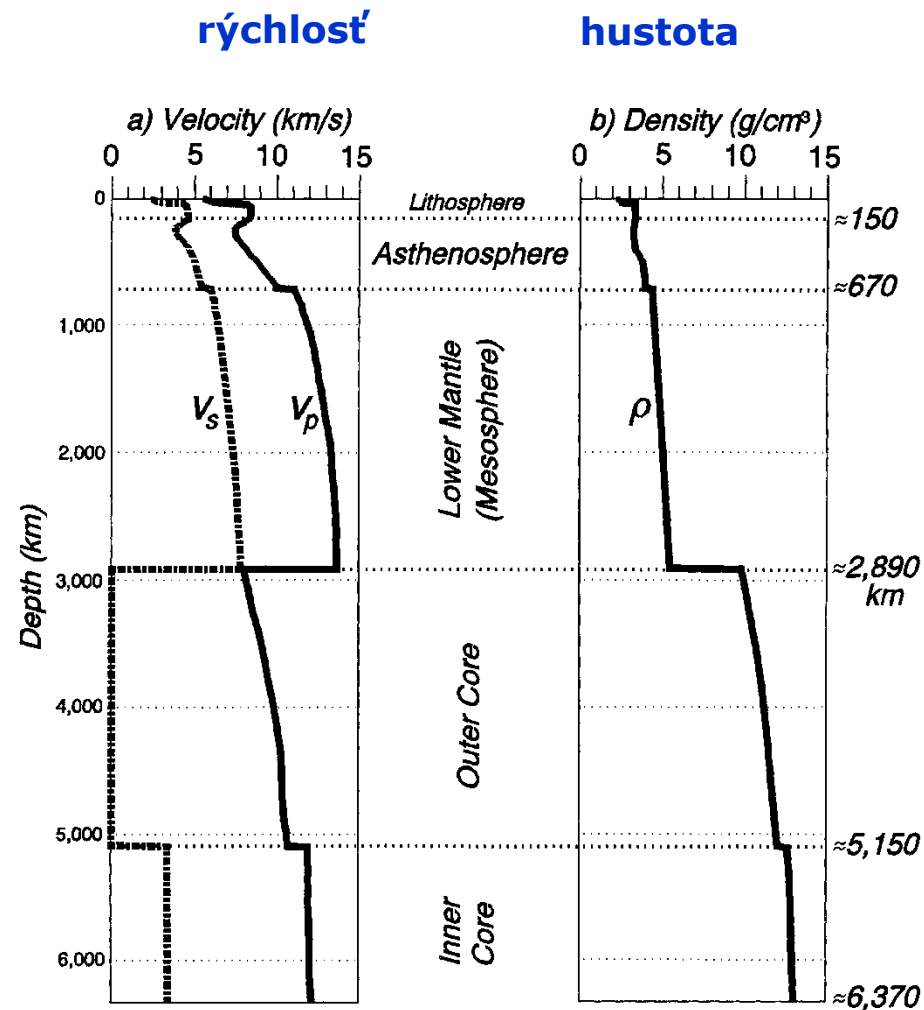
pozdĺžne a priečne vlny



Rýchlosti pozdĺžnych a priečných vĺn:

$$v_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

K – objemový modul pružnosti,
 μ – modul pružnosti v šmyku,
 ρ – hustota (objemová),



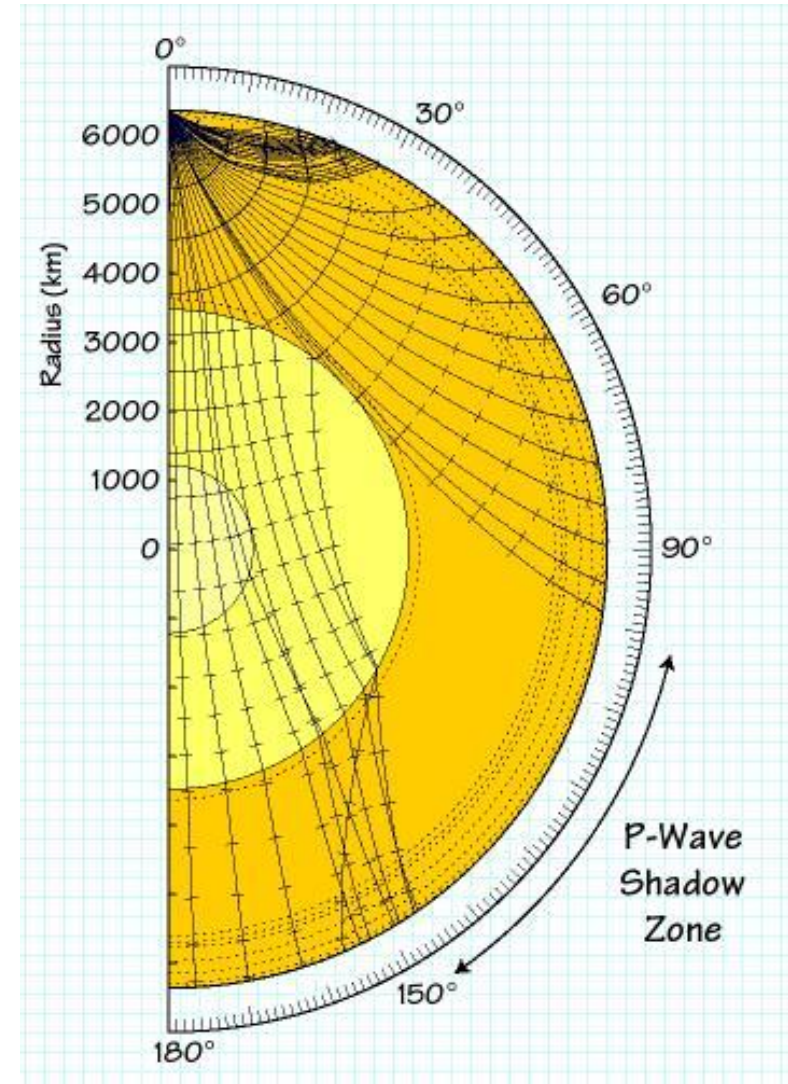
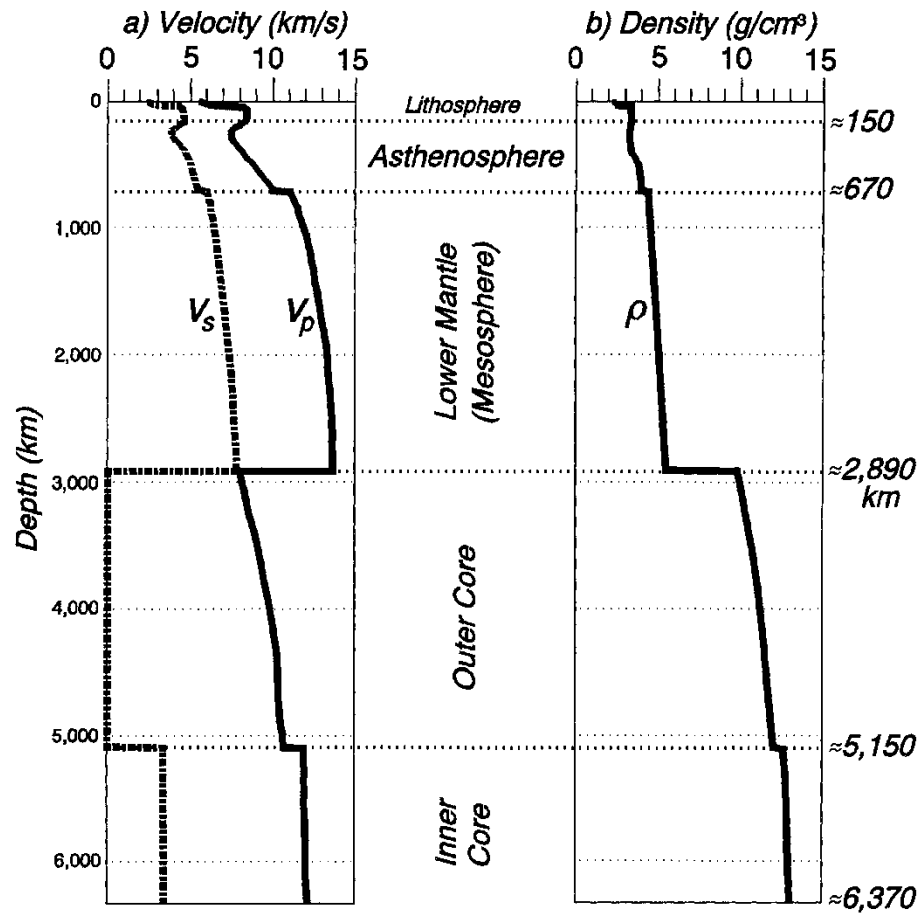
Poznámka:

Pozdĺžna vlna sa pri prechode cez rozhranie (odraze a lámaní) delí na pozdĺžnu a priečnu vlnu.

pozdĺžne a priečne vlny

rýchlosť

hustota



Poznámka:

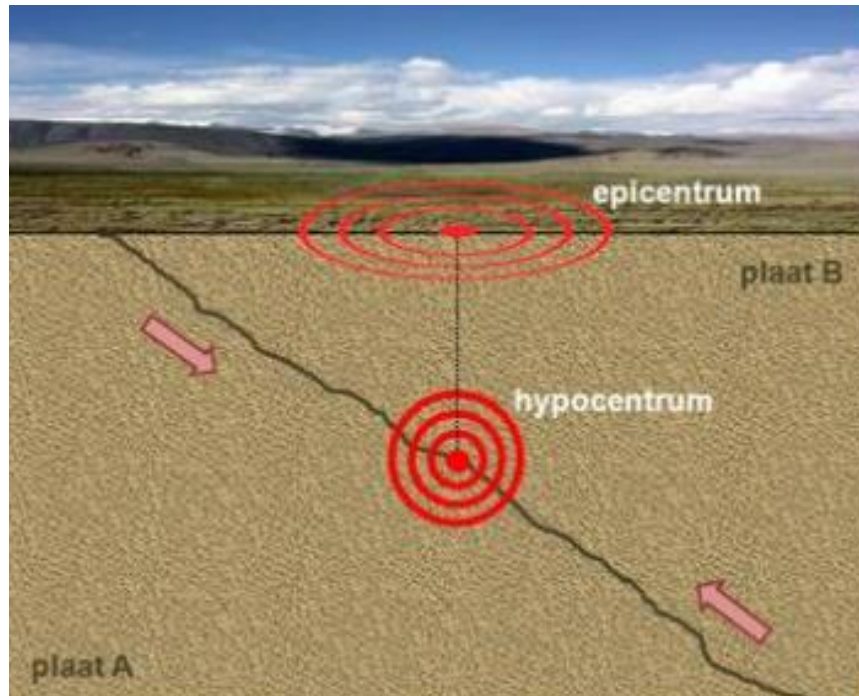
Pozdĺžna vlna sa pri prechode cez rozhranie (odraze a lámaní) delí na pozdĺžnu a priečnu vlnu.

zemetrasenia a seizmológia:

Vznikajú náhlymi posunmi na tektonických kontaktoch alebo inými príčinami (vulkanizmus, rútenia v bývalých banských dielach,...).

Posúdenie ich sily a dopadu:

- intenzitné stupnice (1-12): podľa škôd,
- magnitúdová škála (Richterova) – podľa amplitúdy registrovaných otrasov



najsilnejšie svetové zemetrasenia (podľa magnitúdy) od roku 1900

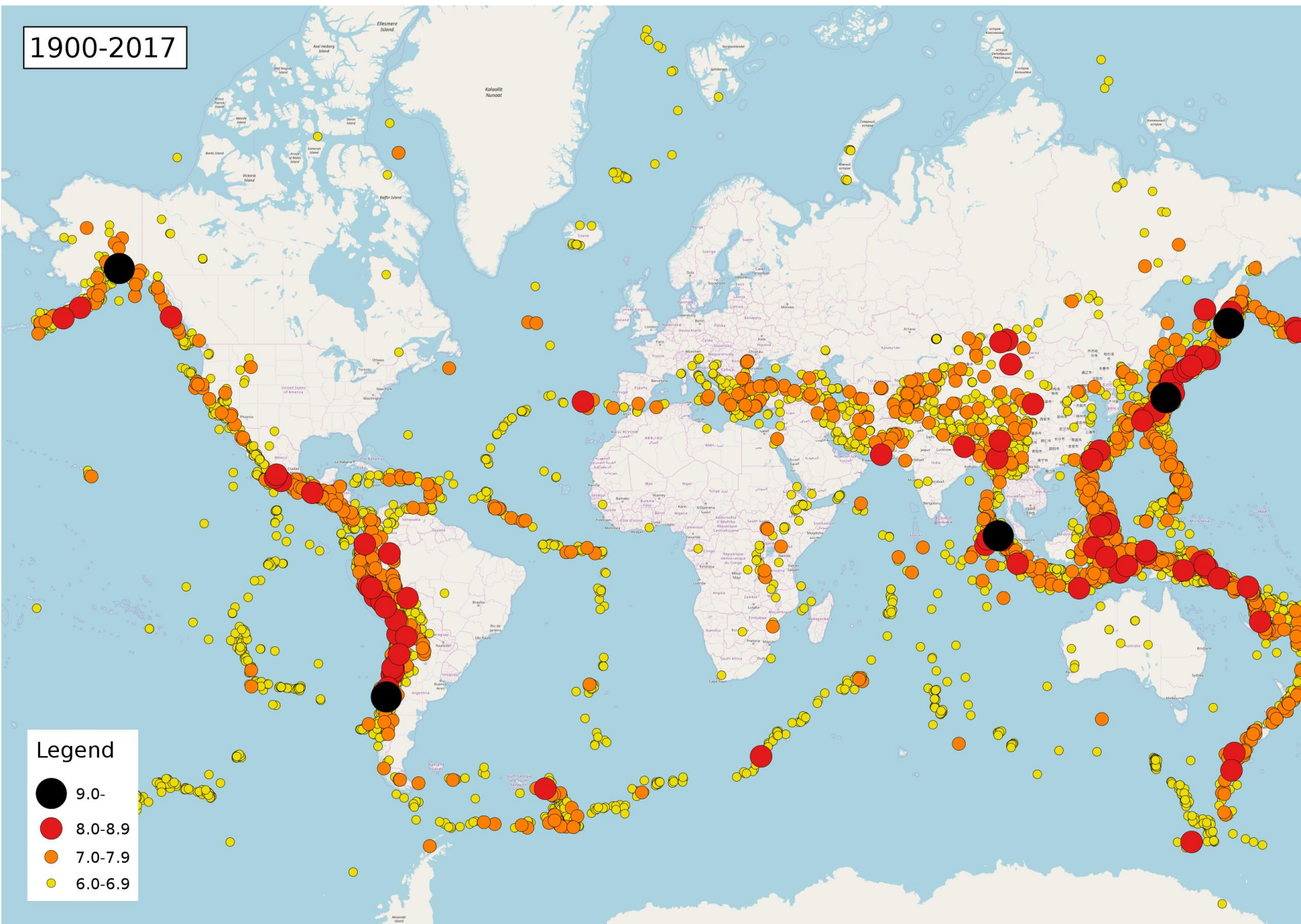
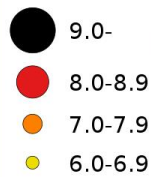
	lokalita	dátum	magnitúda
1.	Čile	22.5.1960	9,5
2.	Aljaška , ostrov princa Wiliama	28.3.1964	9,2
3.	neďaleko západného pobrežia severnej Sumatry	26.12.2004	9,1
4.	neďaleko východného pobrežia ostrova Honšú, Japonsko	11.3.2011	9,0
5.	Kamčatka	4.11.1952	9,0
6.	Maule, Čile	27.2.2010	8,8
7.	neďaleko pobrežia Ekvádoru, Tichý oceán	31.1.1906	8,8
8.	Rat Islands, Aljaška	4.2.1965	8,7
9.	severná Sumatra, Indonézia	28.3.2005	8,6
10.	Assam - Tibet	15.8.1950	8,6

príklad intenzitnej stupnice (EMS-98, 12 stupňov)

Intenzita	Definícia	Skrátený popis typických účinkov
1	nepocítené	Nepocítené.
2	zriedkavo pocítené	Pocítené len jednotlivcami na niektorých miestach v domoch.
3	slabé	Zemetrasenie vnútri cítia niekoľkí (0-20%). Ľudia nanajvýš cítia hojdanie alebo ľahké chvenie.
4	značne pozorované	Zemetrasenie vo vnútri cítia mnohí (10-60%), vonku len výnimočne. Niekoľkí sú prebudení. Okná, dvere a riad štrngajú.
5	silné	Zemetrasenie vo vnútri cíti väčšina (50-100%), vonku niekoľkí. Mnohí spiači sa prebudia. Niekoľkí sú vystrašení. Budovy vibrujú. Visiace objekty sa značne hojdajú. Malé predmety sú posunuté. Dvere a okná sa otvárajú a zatvárajú.
6	mierne ničivé	Mnohí sú vystrašení a vybiehajú von. Niektoré predmety padnú. Mnohé budovy utrpia malé neštrukturálne škody ako napr. vlásočnicové trhliny alebo odpadnuté malé kúsky omietky.
7	ničivé	Väčšina ľudí je vystrašená a vybiehajú von. Nábytok je posunutý. Predmety padajú z polic vo veľkom množstve. Mnohé dobre postavené bežné budovy utrpia stredné škody: opadá omietka, padnú časti komínov; v stenách starších budov sú veľké trhliny a priečky sú zrútené.
8	ťažko ničivé	Mnohí majú problémy udržať rovnováhu. Mnohé domy majú veľké trhliny v stenách. Niekoľko dobre postavených bežných budov má vážne poškodené steny. Slabé staršie budovy sa môžu zrútiť.
9	deštruktívne	Všeobecná panika. Mnoho slabých budov sa zrúti. Aj dobre postavené bežné budovy utrpia veľmi ťažké škody: ťažké poškodenie stien a čiastočne aj štrukturálne škody.
10	veľmi deštruktívne	Mnohé dobre postavené bežné budovy sa zrútia.
11	devastujúce	Väčšina dobre postavených bežných budov sa zrúti. Aj niektoré budovy s dobrým antiseizmickým dizajnom sú zničené.
12	úplne devastujúce	Takmer všetky budovy sú zničené.

1900-2017

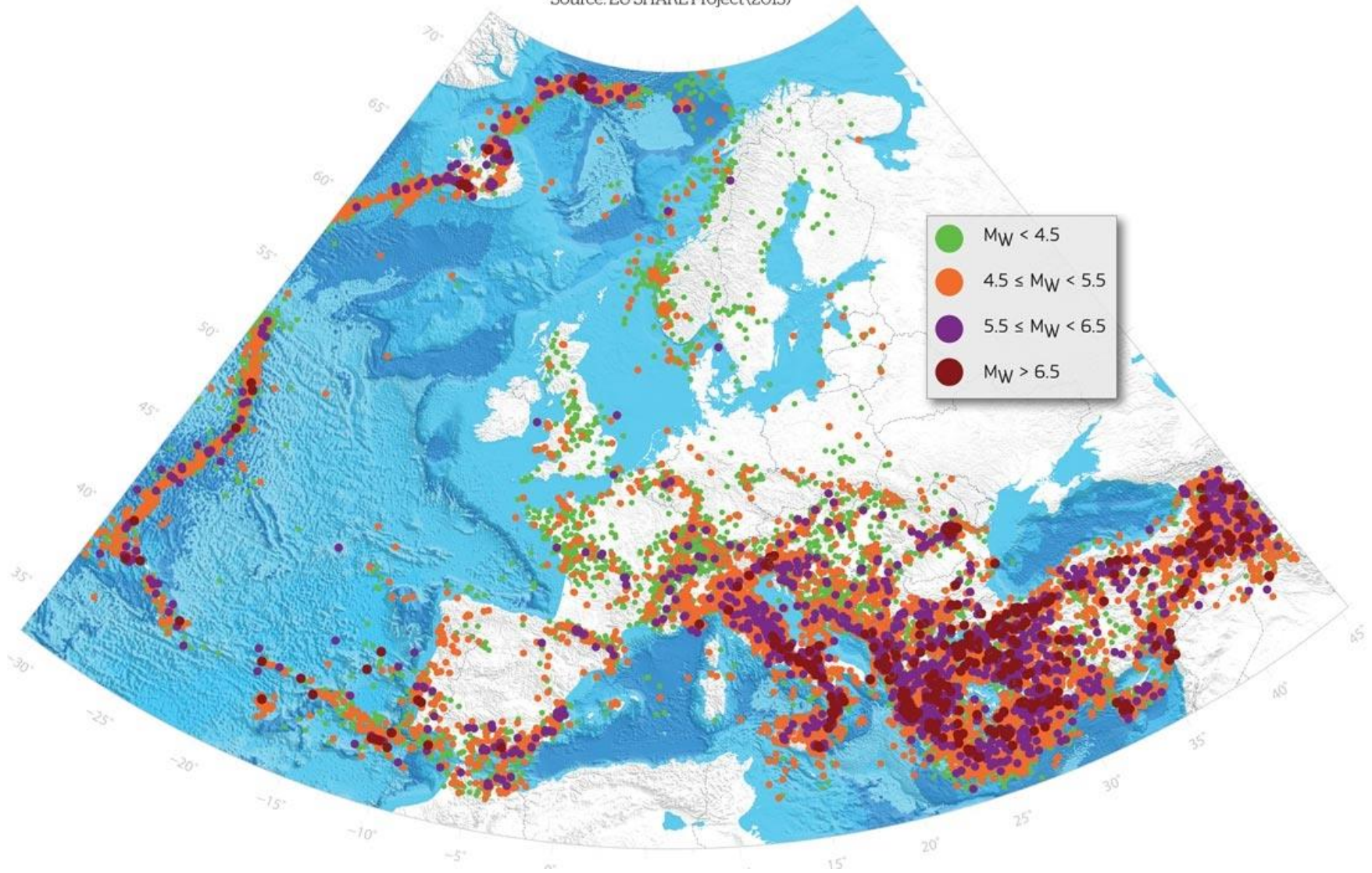
Legend



Earthquake history in Europe

Distribution of over 30,000 earthquakes
with magnitudes larger or equal to 3.5 for the period 1000 to 2007

Source: EU SHARE Project (2013)



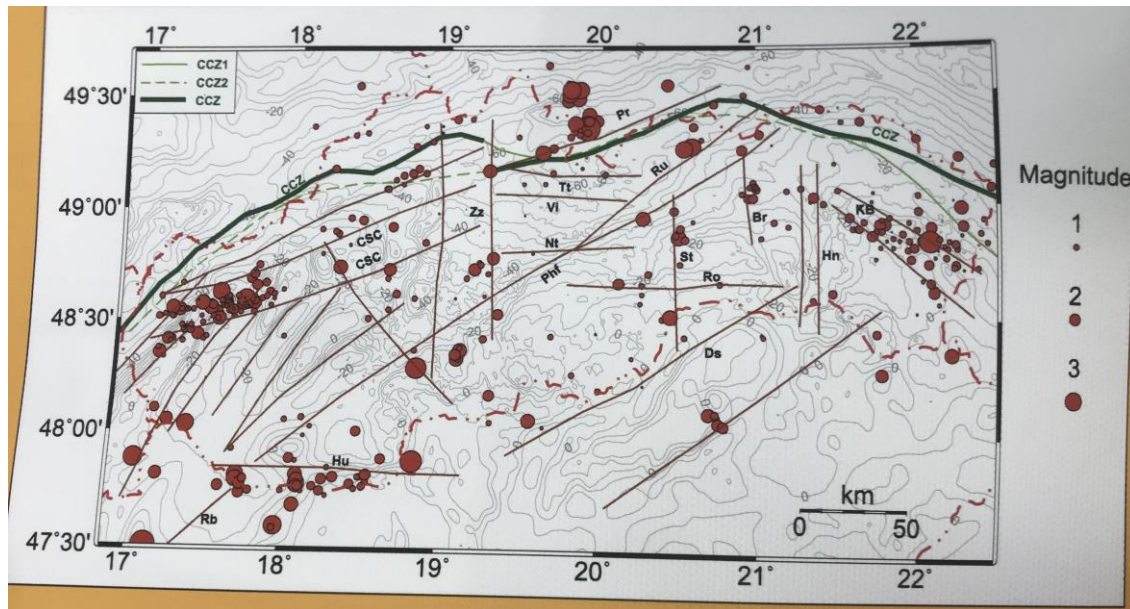
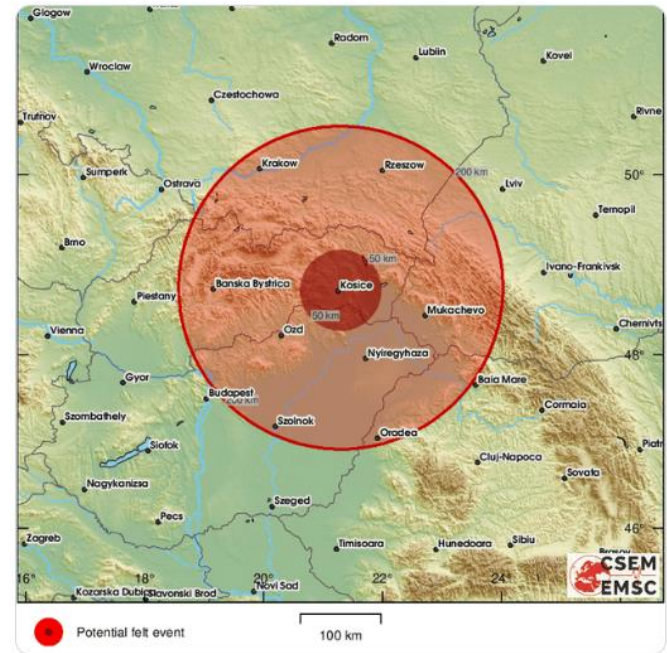
Zemetrasenie pri Humennom, 9.10.2023:

- intenzitný stupeň ešte nie je určený
(súčasný odhad: 6 až 7)
- hodnota magnitúdy sa odhaduje na 4,9

epicentrum – SV od obce Ďapalovce

hypocentrum – 17,8 km

Doteraz najsilnejšie zemetrasenie v tomto regióne (za ostatné desaťročia) bolo 26.5.1914 v Giraltovciach a Hanušovciach n. Topľou ($M=4,8$, $I=7$)



obec Ďapalovce